Цена 16 руб.

Производство стволов стрелкового оружия

М. Г. Арефьев
Л. И. Карпов

Производство стволов стрелкового оружия

НКАП — 1945
ОБОРОНГИЗ

Замеченные опечатки

Стр.	Строка	Напечатано	Следует читать
44	12 сверху	которое, как правило, предшествует операции	которому, как правило, предшествует операция
123	10 сверху	нарезов глубины	нарезов требуемой глубины
152	Фиг. 164	Все цифры должны быть увеличены в 10 раз	
175	1 снизу	на торце	от торца
204	2 сверху	резцом (фиг. 253, *в*)	резцом
204	11 снизу	фрезером;	фрезером (фиг. 253, *в*)

М. Г. Арефьев, Л. И. Карпов, „Производство стволов стрелкового оружия".

М. Г. АРЕФЬЕВ и Л. И. КАРПОВ

ПРОИЗВОДСТВО СТВОЛОВ СТРЕЛКОВОГО ОРУЖИЯ

ПОД РЕДАКЦИЕЙ
АКАДЕМИКА ГЕНЕРАЛ-ЛЕЙТЕНАНТА АРТИЛЛЕРИИ
А. А. БЛАГОНРАВОВА

НКАП ОБОРОНГИЗ
ГЛАВНАЯ РЕДАКЦИЯ ВООРУЖЕНИЯ И БОЕПРИПАСОВ
Москва 1945

В книге описаны все процессы изготовления стволов стрелкового оружия, начиная с выплавки металла и кончая механической обработкой стволов. Металлургические процессы описаны в общих чертах, а механическая обработка детально; в книге рассмотрены принципы построения технологического процесса обработки стволов. Подробно изложены также вопросы приемки ствольной стали и стволов.

Книга должна служить учебным пособием для слушателей Артиллерийской ордена Ленина Академии Красной Армии, а также может явиться пособием для инженерно-технических работников, занимающихся изготовлением стрелкового оружия.

ПРЕДИСЛОВИЕ

Настоящая работа, предназначенная служить учебным пособием для слушателей Артиллерийской ордена Ленина Академии Красной Армии им. Дзержинского, представляет первый опыт обобщения части курса специального производства, читаемого по программе академии.

Чтобы дать общую картину изготовления стволов, производство их описано, начиная с выплавки стали. Это вызвано также тем обстоятельством, что производство ствольных заготовок имеет некоторые особенности.

Основное внимание уделено вопросам механической обработки стволов, главным образом обработке канала ствола. Наряду с этим рассмотрены также принципы построения технологического процесса механической обработки стволов.

Учитывая профиль подготовки военных инженеров, вопросам приемки ствольной стали и стволов уделено значительное место.

Авторы с благодарностью примут все замечания и пожелания по данной работе.

ВВЕДЕНИЕ

Производство стволов стрелкового оружия слагается из двух последовательных процессов, отличающихся друг от друга по своему технологическому характеру: 1) изготовление ствольных заготовок и 2) изготовление стволов.

Ствольные заготовки, начиная с выплавки стали, изготовляют на металлургических заводах, причем все производство можно разбить на следующие этапы: 1) приготовление ствольной стали; 2) обжим и прокатка слитков; 3) ковка ствольных заготовок в соответствии с их чертежами.

Изготовление стволов из ствольных заготовок происходит на механических заводах оружейной промышленности, причем здесь можно различать следующие этапы: 1) механическая обработка ствольных заготовок; 2) термическая обработка стволов; 3) хромирование каналов стволов и 4) химическая окраска наружной поверхности стволов. Процесс изготовления стволов заканчивается испытанием стволов.

ЧАСТЬ I

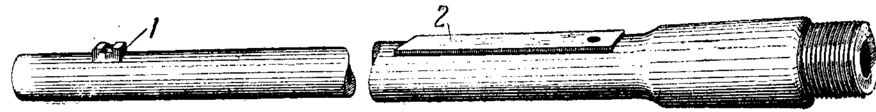
ПРОИЗВОДСТВО СТВОЛЬНОЙ СТАЛИ И ПОЛУЧЕНИЕ СТВОЛЬНЫХ ЗАГОТОВОК

Глава I.

УСТРОЙСТВО СТВОЛОВ СТРЕЛКОВОГО ОРУЖИЯ

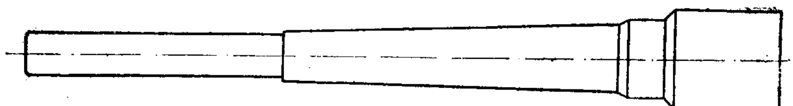
§ 1. Классификация стволов по технологическому признаку

Стволы стрелкового оружия различаются главным образом по внешнему своему устройству в зависимости от вида оружия и принципа автоматики, от чего зависит число элементов, образуемых на наружной поверхности ствола для монтажа присоединяемых к нему деталей. Число образуемых на стволе элементов и характер их определяют технологическую сложность изготовления ствола.



Фиг. 1. Ствол винтовки обр. 1891/1930 гг.

Наиболее простыми в отношении технологии являются такие стволы, конструкция которых позволяет выполнять всю наружную обработку на токарных станках. При этом наличие выступов на стволах нежелательно. В соответствии с этим все стволы можно разбить по технологическому признаку на две группы: 1) стволы, являющиеся телами вращения и 2) стволы, не являющиеся телами вращения.



Фиг. 2. Ствол—тело вращения.

Например, ствол винтовки обр. 91/30 гг. (фиг. 1) не является телом вращения, так как имеет два выступа: для основания прицела *2* и для основания мушки *1*, а ствол винтовки Маузер является телом вращения, так как основание прицела и основание мушки надеваются на цилиндрические элементы, образованные для них на стволе.

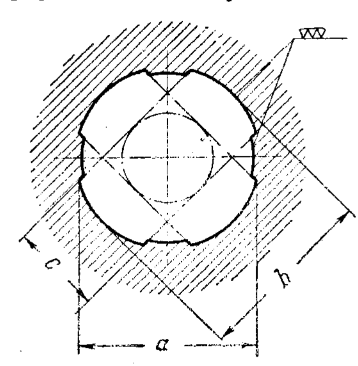
Заготовки для стволов, являющихся телами вращения (фиг. 2), и технологический процесс изготовления этих стволов, значи-

тельно проще. С одной стороны, ствольные заготовки можно изготовлять меньших размеров, достигая экономии металла, так как количество стружки при механической обработке меньше. В отдельных случаях, например при изготовлении стволов ДП, можно исключить целый производственный цикл ковки ствольной заготовки. С другой стороны, при обработке наружной поверхности стволов без выступов не приходится применять дополнительного оборудования и инструмента для обработки поверхностей выступов.

При наличии на стволе выступов необходимо их строго взаимно координировать с элементами соединения ствола со ствольной коробкой, чтобы достигнуть правильной сборки. Это накладывает своеобразный отпечаток на построение технологического процесса изготовления ствола и технологического процесса сборки его со ствольной коробкой. Так, на стволе винтовки обр. 1891/1930 гг. резьбу нарезают после окончательной отделки выступов, чтобы использовать их в качестве базы, а ствол собирают со ствольной коробкой только после разбраковки по резьбе.

§ 2. Устройство каналов стволов

Устройство каналов стволов во всех образцах стрелкового оружия примерно одинаково, отличаясь лишь числом нарезов, их формой или очертаниями патронника.



Фиг. 3. Обозначение размеров нарезов.

Наши отечественные образцы имеют прямоугольные нарезы; стволы калибра 7,62 *мм* имеют четыре нареза, а стволы бо́льшего калибра—восемь. Размеры, определяющие сечение нарезной части ствола, проставляют на рабочих чертежах, как показано на фиг. 3. Величины размеров и точности их изготовления для некоторых стволов указаны в табл. 1.

Приведенные в табл. 1 данные показывают, что с наибольшей точностью изготовляется диаметр по полям, точность изготовления которого приближается к 3-му классу; точность изготовления диаметра по нарезам находится между 3 и 4-м классами, но ближе к 4-му классу; ширина нарезов обрабатывается с точностью 7-го класса. Чистота обработки поверхностей полей и нарезов соответствует $\nabla\nabla\nabla$.

Относительно высокая точность изготовления диаметральных размеров канала ствола обусловлена в основном следующими тремя требованиями:

1) возможно меньшее колебание за счет допусков глубины нарезов;

2) возможно меньшее колебание диаметрального зазора между оболочкой пули и дном нарезов;

3) возможно меньшее изменение площади сечения канала ствола.

Выполнение этих требований обеспечивает меньшее изменение балистических характеристик и необходимую живучесть ствола.

Таблица 1

Система	Число нарезов	Значения размеров в *мм* (см. фиг. 3)			
		a	*b*	*c*	шаг нарезов
ДП и др.	4	$7{,}62^{+0{,}0635}$	$7{,}925^{+0{,}075}$	$3{,}81^{+0{,}2}$	240
Пулемет обр. 1938 г. 12,7 *	8	$12{,}66^{+0{,}08}$	$13^{+0{,}1}$	$2{,}8^{+0{,}2}$	381
ПТР	8	$14{,}5^{+0{,}08}$	$14{,}93^{+0{,}1}$	$3{,}4^{+0{,}3}$	420

Так, при значительном уменьшении глубины нарезов оболочка пули быстрее истирает поля и уменьшает величину боевой грани, что приводит к преждевременным срывам пули с нарезов. При увеличении зазора между оболочкой пули и дном нарезов увеличивается прорыв газов в этот зазор, отчего снижается живучесть и уменьшается начальная скорость.

При большом изменении площади сечения канала ствола за счет допусков начальные скорости и максимальные давления колеблются.

Чистота обработки поверхности канала ствола, особенно поверхности полей, значительно влияет на сопротивление движению пули в канале. Чем грубее обработана поверхность канала, тем больше ее сопротивление движению пули, т. е. тем больше становится коэфициент трения f и сила трения fN. Значительное увеличение силы fN происходит при наличии на поверхности канала ствола поперечных штрихов и полос, которые вместе с тем могут являться причиной демонтажа пуль. Кроме этого, чистота поверхности оказывает влияние на интенсивность износа и антикоррозионную стойкость ствола.

Требования в отношении точности и чистоты обработки канала ствола обусловливают технологию его изготовления и характер технологических операций. Они заставляют применять, особенно на конечных операциях, точное оборудование и инструмент, а также создавать определенные условия работы, исключающие возможность образования поперечных штрихов на поверхности окончательно отделанного канала.

Патронник канала ствола состоит из нескольких конусов, число которых зависит от конструкции патрона. В большинстве образцов патронники представляют сопряжение четырех-пяти

* Ранее допуски были 0,05 и 0,075 *мм*. Расширение допусков произведено в связи с переходом на хромирование „толстым" слоем, что увеличило живучесть стволов в 3—4 раза.

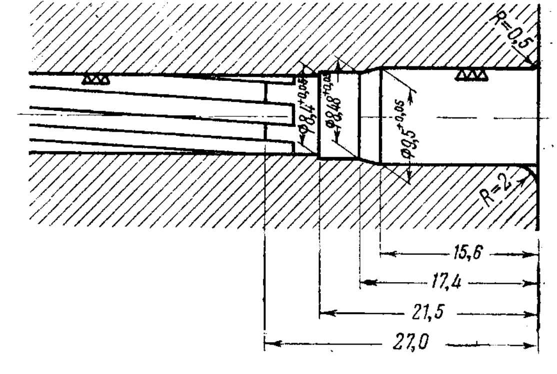
конусов, как это показано на фиг. 4, где обозначено: *а—б*—большой конус; *в—г* — второй конус для ската гильзы; *г—д* — третий конус для дульца; *е—ж* — конус пульного входа.

Фиг. 4. Патронник, под винтовочный патрон.

Конус пульного входа состоит из гладкого элемента *д—е* и нарезного элемента *е—ж*; линия *ж* является началом полной глубины профиля нарезов, а линия *е*— началом нарезной части канала. Гладкую часть пульного входа называют четвертым конусом, а нарезную часть—пятым конусом[1].

Оружие под пистолетный патрон иногда имеет меньше конусов патронника (фиг. 5); патронник пушки ШВАК вследствие своеобразия конструкции патрона состоит только из двух конусов (фиг. 6).

В некоторых образцах для облегчения извлечения гильзы на поверхности патронника делают „канавки Ревелли“, например, в стволах пулемета ШКАС эти канавки имеются на поверхности всех конусов патронника (фиг. 7), а в стволе винтовки обр. 1940 г. они имеются только на 2, 3 и 4-м конусах (фиг. 8).



Фиг. 5. Патронник пистолета-пулемета обр. 1941 г.

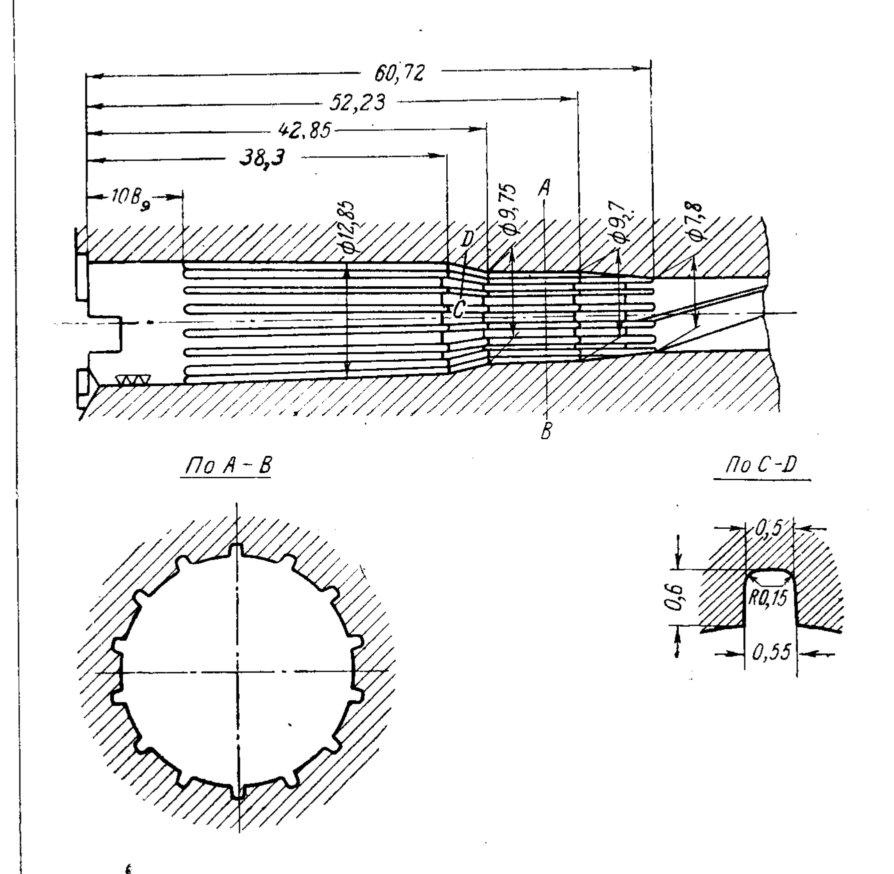
Размеры, определяющие элементы патронника, обычно проставляют в рабочем чертеже, как это указано на фиг. 4. Значения размеров и допуски приведены в табл. 2.

Фиг. 6. Патронник пушки ШВАК.

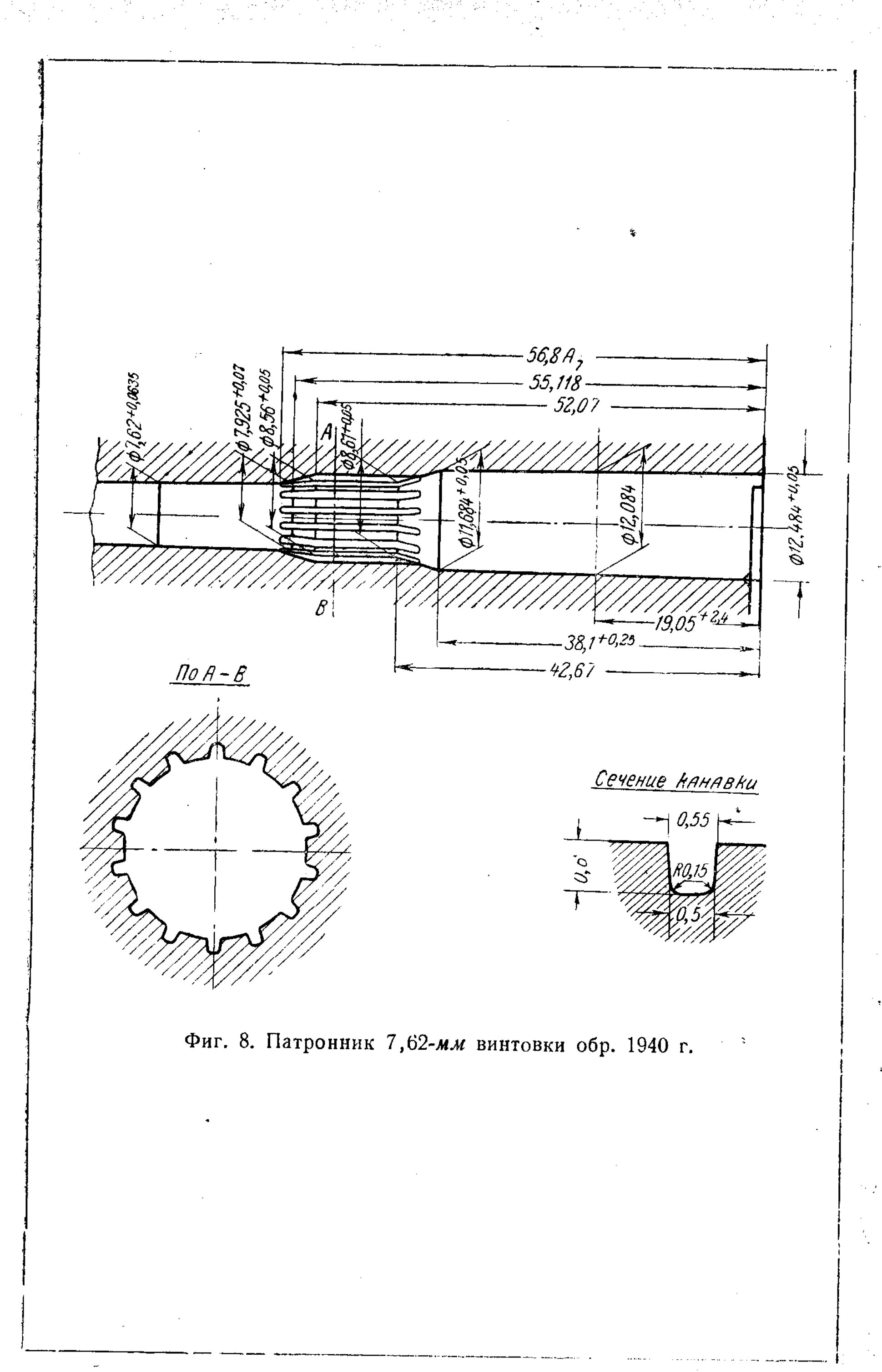
Диаметральные размеры патронников стволов иностранного оружия изготовляют примерно с той же точностью.

Чистота обработки патронника соответствует чистоте обработки нарезной части канала. На поверхности патронника, так же как и в нарезной части канала ствола, недопустимы значительные следы от инструмента и особенно поперечные штрихи. Недостаточно чисто

[1] Величина конусности нарезной части пульного входа оказывает влияние на давление форсирования; с увеличением конусности последнее возрастает и может являться одной из причин демонтажа пуль.



Фиг. 7. Патронник 7,62-*мм* пулемета ШКАС.



Фиг. 8. Патронник 7,62-*мм* винтовки обр. 1940 г.

Таблица 2

Система	Значения размеров в *мм* (см. фиг. 4)											
	а	*б*	*в*	*г*	*д*	*е*	*А*	*Б*	*В*	*Г*	*Д*	*Е*
ДП и ПМ	$12,424^{+0,05}$	12,084	$11,684^{+0,05}$	$8,61^{+0,05}$	$8,56^{+0,05}$	$7,925^{+0,076}$	19,05	38,1	42,67	52,07	55,118	93,15
ППШ	$9,92^{+0,05}$	—	$9,5^{+0,05}$	$8,48^{+0,05}$	$8,4^{+0,05}$	—	—	15,6	17,4	21,5	27	—
ДШК	$21,89^{+0,05}$	—	$19,23^{+0,05}$	$14,08^{+0,05}$	$13,91^{+0,05}$	$12,95^{+0,05}$	—	78,25	$86,25^{+0,15}$	$103^{+0,25}$	113	133
ПТРД	$27,065^{+0,05}$	—	$25,8^{+0,05}$	$16,7^{+0,05}$	$16,55^{+0,05}$	$15,95^{+0,05}$	—	$81,4^{+0,05}$	$92,3^{-0,05}$	107	110	—

обработанная поверхность, особенно большого конуса патронника, увеличивает трение гильзы о стенки патронника, что затрудняет извлечение гильзы. Опыты показывают, что при наличии кольцевых рисок на поверхности большого конуса патронника усилие при извлечении резко возрастает; это нередко является причиной отказа в работе автоматики систем автоматического оружия. К таким же результатам приводит неточность сопряжения 1 и 2-го конусов или образование в этом сопряжении даже незначительного углубления. Возрастание усилия при извлечении является также одной из главнейших причин снижения живучести выбрасывателей и срыва закраин гильз.

Неточное сопряжение 3 и 4-го конусов патронника влияет на начальные условия движения пули по каналу: нарушается правильное направление ее при врезании в нарезы, что сказывается на кучности и меткости стрельбы. Неровности в этом сопряжении под действием оболочки пули и газов разрушаются, отчего живучесть ствола снижается.

§ 3. Элементы наружной поверхности стволов

Количество элементов на наружной поверхности ствола может быть различным. Стволы магазинных винтовок, пистолетов, пулеметов и автоматического оружия, работающего по принципу отдачи, как правило, имеют меньше этих элементов. Такое упрощение конструкции стволов достигается не только за счет отсутствия газоотводных устройств, но и путем монтажа прицелов, мушек, пламегасителей или дульных тормозов на других координирующих деталях. Чтобы уменьшить число элементов и тем самым упростить технологию производства стволов, в некоторых системах автоматического оружия, работающего по принципу отвода пороховых газов через отверстие в стенке ствола,

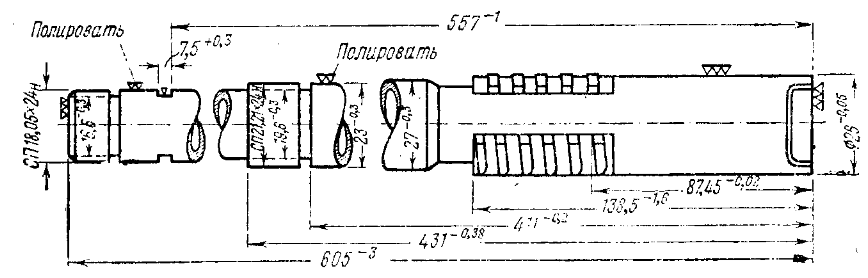
например, ДП, отдельные элементы прицельных приспособлений (мушки) перенесены со ствола на другие детали — кожухи.

Наиболее характерными элементами, присущими каждому стволу, являются: 1) казенный торец ствола, 2) дульный срез и 3) элементы для соединения ствола со ствольной коробкой.

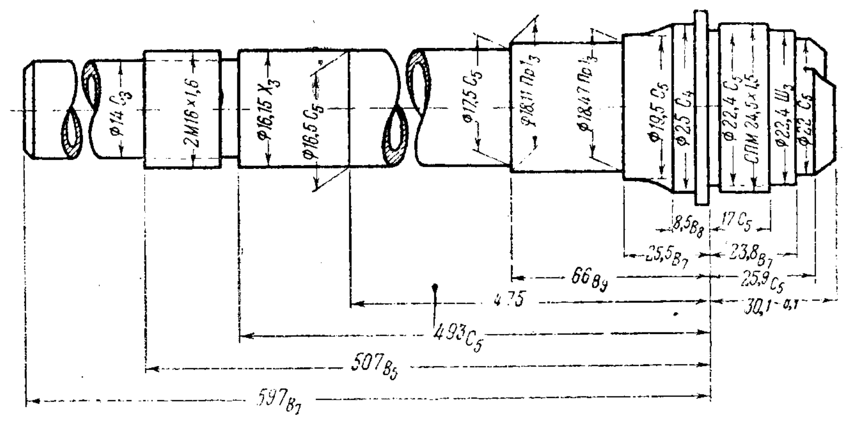
На казенном торце ствола в ряде систем имеются выемки для выбрасывателя и досылателя, что, естественно, значительно затрудняет обработку ствола.

§ 4. Простановка размеров наружных элементов ствола в рабочем чертеже

Казенный торец ствола является его конструктивной базой. Поэтому наибольшее число размеров, определяющих координацию различных сопрягаемых со стволом деталей, показывают на рабочем чертеже ствола от этой поверхности (фиг. 9). Однако в



Фиг. 9. Ствол 7,62-*мм* ручного пулемета ДП.



Фиг. 10. Ствол 7,62-*мм* винтовки обр. 1940 г.

ряде случаев, например в винтовках, размеры элементов наружной поверхности указывают от специального буртика на стволе, ограничивающего заход ствола при соединении со ствольной коробкой (фиг. 10). Для этих конструкций поверхность буртика, сопрягаемая с торцом ствольной коробки, является вспомогательной базой, обусловленной технологическими соображениями.

Размер, определяющий удаление вспомогательной базы от торца, всегда задается с жестким допуском.

Размеры, определяющие положение элементов ствола, которые должны быть сопряжены с элементами деталей, монтируемых на стволе, проставляют, как правило, от поверхностей, координирующих положение этих деталей на стволе. Например, положение отверстия для выхода газов в стенке ствола определяется размером, исходящим от поверхности уступа, в который упирается газовая камора при соединении со стволом. Подобные поверхности являются дополнительными конструктивными базами, которые называют сборочными базами.

Если ствол является основой монтажа ряда деталей или на торце пенька ствола образуются элементы для затвора, то положение их строго координируется относительно элемента соединения ствола со ствольной коробкой. Эта координация, например при резьбовом соединении ствола со ствольной коробкой, определяется положением точки начала резьбы, являющейся также дополнительной базой, относительно которой согласуются элементы, требующие координации.

Наличие указанных баз нормально определяет последовательность постановки операций в технологическом процессе наружной обработки ствола.

Основными конструктивными базами, общими для всех стволов, являются ось канала ствола и казенный торец ствола. Основные и дополнительные базы служат схемой для разработки технологического процесса механической обработки стволов.

Глава II

СТАЛИ, ПРИМЕНЯЕМЫЕ ДЛЯ ИЗГОТОВЛЕНИЯ СТВОЛОВ СТРЕЛКОВОГО ОРУЖИЯ

§ 5. Основные требования, предъявляемые к материалу стволов стрелкового оружия

Основные требования, предъявляемые к стволу, исходя из условий его работы, сводятся к прочности и достаточной живучести.

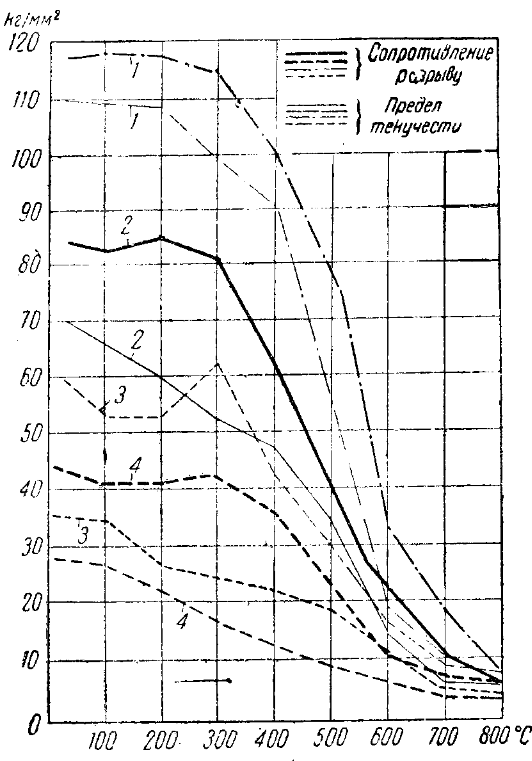
При выстреле ствол, воспринимая значительное по величине и динамичное по характеру действия давление пороховых газов, не должен иметь остаточных деформаций. Поэтому стволы изготовляют из стали с достаточно высоким пределом текучести. Так как возможны случаи повышения давления пороховых газов (при увеличении порохового заряда, заклинении пули в канале ствола и т. п.), то материал стволов должен полностью устранять возможность хрупких разрывов. Это можно обеспечить путем применения стали с достаточно высокими характеристиками пластичности и ударной вязкости.

Требованиям прочности и вязкости для винтовочных и пулеметных стволов при давлениях 3000—3300 *кг/см²* может удовлетворять обыкновенная углеродистая сталь, содержащая 0,5—

0,7% С, подвергаемая последующей термообработке. В большинстве стран для этих стволов применяют сталь, обладающую пределом текучести не менее 50—55 *кг/мм²*, временным сопротивлением разрыву 70—90 *кг/мм²* и относительным удлинением 12—15%.

Материал ствола должен быть не только вязким, но и достаточно однородным, а также не содержать неметаллических включений.

Вместе с тем следует иметь в виду, что стволы имеют лишь ограниченную живучесть, определяемую износом нарезной части их каналов. Этот износ обусловлен механическим, термическим и химическим действием пороховых газов на поверхность канала и трением оболочки пули при движении ее по каналу ствола.



Фиг. 11. Влияние температуры на механические свойства сталей.

1—высоколегированная хромоникелевая сталь, *2*—среднелегированная хромоникелевая сталь, *3*—литая сталь с 0,45% С, *4*—литая сталь Ст37.

Поэтому материал ствола должен быть достаточно стойким против износа.

Сопротивление износу возрастает с повышением предела текучести и сопротивления разрыву. Наряду с этим решающее влияние на износостойкость оказывают вязкость, способность к упрочнению и структура металла.

Очень большое значение имеет также чистота металла в отношении серы, фосфора, мелких неметаллических включений и в особенности газов (в первую очередь кислорода). Поэтому необходимо особо тщательно производить раскисление стали, ее очистку и возможно полнее удалять газы.

Лучшим способом для предварительного выбора ствольной стали должны являться надлежащим образом поставленные лабораторные испытания на износ.

Испытания металлов на износ еще недостаточно широко распространены. В промышленной практике широко применяют испытания твердости металлов. Между тем многочисленные исследования показывают, что нет никакой физической зависимости между износостойкостью и твердостью. Установившееся мнение, что с увеличением твердости растет и износостойкость, чисто формальное. Определение твердости также очень удобно для контроля термической обработки. Поэтому до настоящего времени незаменимым способом окончательной оценки материала ствола является испытание стрельбой.

Относительно изменения износостойкости стали с повышением температуры еще нет каких-либо определенных выводов, но установлено, что с повышением температуры предел текучести всех металлов падает (фиг. 11) [1]. Лучшей сталью для стволов будет та, у которой падение предела текучести при повышении температуры меньше. Из фиг. 11 видно, что по относительному падению предела текучести легированные стали лучше углеродистых, тем более что первые за счет легирования и надлежащей структуры обладают значительно более высоким пределом текучести при обычной температуре.

Следовательно, данными испытаний на разрыв при высоких температурах можно пользоваться для предварительного выбора материала. Окончательно же вопрос может быть решен лишь путем отстрела ствола для определения его живучести.

Элементы, образующие с альфа-железом твердые растворы, например, никель, ванадий и др., делают феррит стали более прочным и вязким. Элементы, образующие с углеродом карбиды, например хром, молибден и др., повышают твердость стали и сопротивляемость ее истиранию. Этим и объясняется распространение комбинированных специальных сталей (хромоникелевых, хромовольфрамовых и др.). Кроме того, влияние специальных примесей состоит также в том, что они способствуют созданию однородной закалочной структуры как на поверхности изделия, так и в его сердцевине, что не всегда можно получить для углеродистой стали.

Увеличение живучести стволов достигается также покрытием поверхности канала различными износостойкими металлами, среди которых наибольшее распространение получил хром.

§ 6. Сорта сталей

Стволы отечественного стрелкового оружия изготовляют из углеродистой стали марки 50А ствольная и специальных сталей марок 30ХН2МФ (0392) и 38ХСА (40ХСА). При этом сталь 38ХСА используют в качестве заменителя стали 30ХН2МФ.

Углеродистую сталь применяют обычно для изготовления стволов неавтоматического и автоматического (с низким темпом стрельбы) оружия калибра 7,62 *мм*. Специальные стали употребляют для стволов более крупного калибра (12,7, 14,5 и 20 *мм*), а также стволов пулеметов калибра 7,62 *мм* с повышенным темпом стрельбы (табл. 3).

[1] Швининг, Конструкция и материал стволов огнестрельного оружия.

Таблица 3

Оружие	Калибр в *мм*	Марка стали
Револьвер Наган, пистолет ТТ, пистолет-пулемет ППШ, винтовка обр. 1891/1930 г., ручной пулемет ДП, станковый пулемет ПМ	7,62	50А ствольная
Крупнокалиберные пулеметы ДШК и Березина	12,7	30ХН2МФ или 38ХСА
ПТРД и ПТРС	14,5	38ХСА или 30ХН2МФ
Пушка ШВАК	20	30ХН2МФ
Пулемет ШКАС	7,62	30ХН2МФ

Химический состав указанных марок стали приведен в табл. 4, а их механические свойства в табл. 5.

За границей винтовочные стволы изготовляют из углеродистой стали с 0,6—0,7% C, пределом текучести 60 *кг/мм²*, временным сопротивлением 90 *кг/мм²* и относительным удлинением 12—15%. На английских и канадских заводах для пулеметных стволов применяют хромованадиевую сталь, содержащую 0,5—0,6% C, 0,75—1,25% Cr, 0,13—0,25% V с временным сопротивле-

Таблица 6

Наименование	C	Mn	Si	S	P	Cr	Ni	V	W
7,92-*мм* пулемет Максима	0,75	0,44	0,49	0,019	0,017	0,06	—	—	—
7,92-*мм* станковый пулемет Браунинга . .	0,75	0,33	0,46	0,005	0,01	0,13	—	—	—
Польский ручной пулемет	0,75	0,63	0,38	0,008	0,01	0,43	—	0,18	—
Польское противотанковое ружье	0,76	0,64	0,38	0,006	0,008	0,12	—	—	1,59

Таблица 7

Наименование	Предел пропорциональности	σ_s *кг/мм²*	σ_b *кг/мм²*	δ, %	ψ, %	a_k *кгм/см²*	Диаметр отпечатка по Бринелю *мм*
7,92-*мм* пулемет Максима	57	61	89	14	56	4,1	3,7—3,9
7,92-*мм* станковый пулемет Браунинга	91	95	100	13	45	6,2	3,5—3,6
Польский ручной пулемет .	87	98	105	13	56	6,4	3,5—3,6
Польское противотанковое ружье	89	96	105	11	47	5,0	3,4—3,5

Таблица 4

Марка стали	Химический состав в % C	Mn	Si	P (не более)	S (не более)	Cr	Ni	Mo	V
50А ствольная . .	0,46—0,53	0,50—0,80	0,17—0,37	0,035	0,030	0,30	0,30	—	—
30ХН2МФ (0392) .	0,25—0,35	0,35—0,60	0,15—0,35	0,035	0,030	0,6—0,9	2,0—2,5	0,25—0,35	0,15—0,30
38ХСА	0,35—0,42	0,3—0,6	1,1—1,4	0,035	0,03	1,3—1,6	0,5	—	—

Таблица 5

Марка стали	Состояние в момент испытания	Временное сопротивление разрыву σ_b *кг/мм²*	Предел текучести σ_s *кг/мм²*	Относительное удлинение δ,%	Сужение площади поперечного сечения ψ,%	Ударная вязкость a_k *кгм/см²* по Менаже	Диаметр отпечатка по Бринелю *мм*
50А	После отжига или нормализации .	63—80	34	13	40	—	4,6—4,1
	После закалки и отпуска	80—100	55	8	40	5	3,9—3,5
30ХН2МФ	После закалки и отпуска	90	80	8	35	9	3,7—3,3
38ХСА	После закалки и отпуска	90	70	12	45	6	3,6—3,8

Зак. 55.

нием разрыву 110—130 *кг/мм²*. В США на заводе Спрингфильд стволы винтовок и пулеметов делают из хромомолибденовой стали.

Химический состав ствольных сталей различных образцов оружия польской и германской армий приведен в табл. 6, а их механические свойства в табл. 7.

Повышенное содержание углерода во всех этих образцах обеспечивает высокое сопротивление износу, однако значительно усложняет механическую обработку.

Глава III

ПРОИЗВОДСТВО СТВОЛЬНОЙ СТАЛИ

§ 7. Выплавка ствольной стали

Ствольную сталь выплавляют в основных мартеновских печах емкостью в 80—40 *т* и в дуговых электропечах (сталь 0392 и 38ХСА).

Состав шихты, применяемой для выплавки ствольной стали 50А, указан в табл. 8[1].

Таблица 8

Составляющие шихты		Количество %
Чугун	Древесноугольный или коксовый	20—30
	Лом	5
	Зеркальный	1—1,5
Углеродистые отходы (мартеновские)	1 класса	25—40
	2 „	25—40
	4 „	до 10
Флюсы	Известь свежеобожженная	6—7
	Известняк дробленый	8—9
	Боксит сухой	1

Все входящие в шихту материалы обязательно взвешивают. Перед загрузкой шихты из печи удаляют оставшийся металл и шлаки, заправляют подину, откосы, переднюю и заднюю стенки доломитом, просушивают печь и заделывают выпускное отверстие. Подготовку производят при полной подаче в печь газа и воздуха.

[1] По технологии основного завода оружейной промышленности.

Шихту заваливают в строго определенной последовательности. Прежде всего непосредственно на подину загружают известняк и легковесную чистую шихту (стружку, мелкий стальной лом) для предохранения подины от повреждений ударами тяжеловесной части шихты. Вместе с тем расположенная внизу стружка меньше окисляется печными газами, а известняк лучше прогревается и предохраняет под от разъедания SiO_2, образующимся при окислении кремния чугуна. Чугун же, обладая наиболее низкой температурой плавления, будет стекать вниз и растворять стальную стружку и лом, обеспечивая этим более быстрое расплавление.

Затем загружают 20—25% стальной части шихты и боксит, а после 15—20 мин. подогрева загружают остальную часть шихты. Завалка 80-*т* мартеновской печи длится 4—4,5 часа.

После загрузки, для сокращения продолжительности периода плавления, так как тогда происходит наиболее интенсивное окисление железа и примесей чугуна, температуру в печи быстро поднимают.

При плавке стали в мартеновских печах различают два периода: загрузки и плавления и кипения[1].

Плавление стали проводят при максимальном тепловом режиме; при этом, как правило, шлак не снимают и не добавляют присадок, кроме боксита или шамотного боя.

В период плавления происходят следующие основные реакции:

Первичные реакции
$$2Fe + O_2 = 2FeO + 128\,600 \text{ кал}$$
$$Si + O_2 = SiO_2 + 194\,900 \text{ кал}$$
$$2Mn + O_2 = 2MnO + 181\,600 \text{ кал}$$

Вторичные реакции
$$2FeO + Si = 2Fe + SiO_2 + 66\,300 \text{ кал}$$
$$FeO + Mn = Fe + MnO + 26\,500 \text{ кал}$$

Реакции образования шлаков
$$MnO + SiO_2 = MnO \cdot SiO_2 + 7700 \text{ кал}$$
$$FeO + SiO_2 = FeO \cdot SiO_2 + 5900 \text{ кал}$$

В ванне основной мартеновской печи бисиликаты железа и марганца неустойчивы в присутствии CaO. Момент полного расплавления шихты характеризуется отсутствием твердых кусков металла на подине печи, что проверяют путем прощупывания крючком, и отсутствием бурления в отдельных местах ванны.

Как только расплавление шихты закончится, ванну тщательно перемешивают и берут первую пробу для химического анализа на C, Mn, P, S, Ni, Cr. Первая проба должна содержать около 1% C и 0,35—0,45% Mn.

В период кипения происходит: 1) наиболее полное раскисление стали и удаление из нее серы и фосфора; 2) приведение состава стали по углероду и другим элементам к заданному и 3) нагревание стали до температуры, обеспечивающей нормальную разливку.

[1] Подробно см. проф. Г. Л. Сахаров, Основы металлургии.

Для успешного удаления фосфора шлак после расплавления металла должен иметь основность 1,4 : 1,5 и жидкотекучесть по Герти 100—160 *мм*. Этого достигают присадкой извести и боксита в конце плавления.

После первой пробы вводится 2,5% от веса металлической садки просушенной кусковой (150 *мм*) железной руды. После второй пробы на C и Mn, которую берут по окончании скачивания первого шлака, при высоком содержании углерода, добавляют еще 1,5% руды. Шлак скачивают самотеком и гребками, удаляя до 70% от общего его количества.

Основными реакциями в период дефосфорации являются:

$$2P + 5FeO = P_2O_5 + 5Fe + 35835 \text{ кал}$$
$$P_2O_5 + 3FeO = (FeO)_3 \cdot P_2O_5 + 52365 \text{ кал}$$
$$(FeO)_3P_2O_5 + 4CaO = (CaO)_4 \cdot P_2O_5 + 3Fe - 10831 \text{ кал}$$

Концом дефосфорации считается момент наводки последнего шлака, под которым проходит период чистого кипения. Затем берут третью пробу на C, Mn и P; содержание фосфора не должно быть более 0,01—0,012%.

В период чистого кипения основной задачей является возможно более полное освобождение ванны от закиси железа и доведение содержания углерода до требуемого.

Периодом чистого кипения считается кипение ванным пузырем под нормальным, установившейся консистенции и состава, шлаком. Этот период кипения характеризуется интенсивным образованием шлаковых пузырей, вызываемых выделением из металла газов (главным образом окиси углерода).

За время чистого кипения выгорает 0,25% C. В период чистого кипения через каждые 15—20 мин. берут пробы для анализа на C, Mn и P. После присадки той или иной легирующей добавки пробы берутся для определения соответствующих элементов. Кроме того, для определения главным образом закиси железа пробу проковывают в лепешку, на краях которой при наличии закиси железа образуются рванины и трещины.

При кипении контролируют жидкотекучесть шлака, который не должен быть густым или жидким. Густые шлаки исправляют присадкой просушенного боксита или шамота, а жидкие — присадкой извести или сухого мелкодробного известняка.

Пробы шлака углеродистых сталей берут одновременно с пробами металла: 1) в периоды полного расплавления, 2) в начале и в конце чистого кипения и 3) при выпуске металла из печи.

При плавке легированных сталей берут еще пробу шлака перед присадкой феррохрома.

Когда содержание углерода в ванне приближается к заданному нижнему пределу, приступают к раскислению металла.

В период окончательного раскисления в печи должно быть положительное давление, характеризуемое легким выбиванием

пламени из-под крышек садочного окна. Углеродистую сталь раскисляют ферромарганцем, который забрасывают в кусках весом 5—10 *кг* в печь, и ферросилицием, который вводится в ковш при выпуске стали. Реакции раскисления следующие:

$$FeO + Mn = Fe + MnO + 26500 \text{ кал.}$$
$$2FeO + Si = 2Fe + SiO_2 + 66300 \text{ кал.}$$

Введя раскислитель, ванну перемешивают и берут последние пробы металла и шлака для определения раскисленности стали и ее температуры. Проба должна сливаться совершенно спокойно, брусок при застывании не должен искрить (признак наличия CO), а прокованная лепешка должна иметь ровные края. Содержание закиси железа в шлаке должно быть не более 7%.

Сталь выпускают из печи примерно через 10 мин. после загрузки раскислителя. Готовую сталь спускают по чистому прокаленному жолобу в ошлакованный, сухой, подогретый ковш, в котором выдерживают ее в зависимости от температуры 5—10 мин. Из ковша металл, обычно при температуре 1550°, разливают в изложницы с прибыльными надставками, подогретые до 60—100°.

В зависимости от веса слитка заполнение изложниц производят сверху или сифоном.

В зависимости от веса слитка и марки стали слитки выдерживают в изложницах 1,5—3 часа, после чего изложницы разбирают. Температура поверхностного слоя слитка к этому времени составляет 650—700°.

Слитки из стали 50А охлаждают в сухом месте на воздухе, а из стали 0392 до 150° в колодцах.

Веса слитков ствольной стали (в *кг*) приведены в табл. 9.

Таблица 9

Способ разливки	Сталь 50А ствольная	38ХСА	0392
Сифоном	2800	2800	1500
Сверху	2000	—	700/1500

На каждом слитке наносят номер плавки, марку стали и порядковый номер слитка при заливке.

§ 8. Контрольные испытания слитков

После охлаждения все слитки принимаются контролерами ОТК завода и военпредом. Приемка слитков заключается в наружном осмотре и контрольных испытаниях. Наружному осмотру подвергают каждый слиток в отдельности. При наружном осмотре отбраковывают:

1) слитки, имеющие поперечные трещины, отстоящие более чем на 100 *мм* от головной части;

2) слитки, отлитые с перерывом струи во время заполнения изложницы, при глубине несваренной части более 5 *мм*;

3) слитки, имеющие «рослость»;

4) слитки с загрязненной поверхностью по всем четырем граням;

5) слитки, у которых отсутствует прибыльная часть.

Отбор слитков для проведения контрольных испытаний производят в зависимости от способа разливки стали. При сифонной разливке берут по одному слитку от первого и последнего кусков; если при этом два-три слитка оказались отлитыми сверху, то из них также берут один слиток. При разливке сверху берут по одному слитку от третьей и предпоследней пары (по ходу отливки). Контрольные испытания, которым подвергают стали для стволов, указаны в табл. 10.

Таблица 10

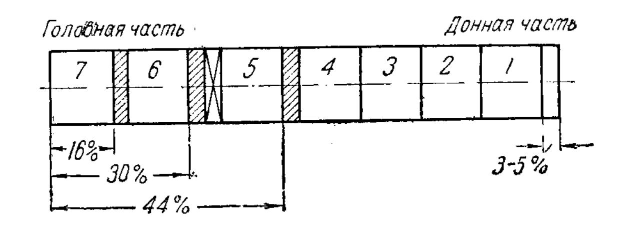
Вид контроля	Марка сталей		
	50А ствольная	30ХН2МФ (0392)	38ХСА
Химический анализ	Да	Да	Да
Механические испытания	Да	Да	Да
Контроль по показателям выплавки и разливки стали	Да	Да	Да
Контроль по скорости охлаждения блюмсов	Нет	Да	Да
Исследоваие макроструктуры			
а) Поперечное макротравление	Нет	Да	Да
б) Продольное макротравление	Нет	Да	Да
в) Поверка по отпечаткам Баумана	Да	Нет	Нет
Излом шайб	Нет	Да	Да
Контроль на неметаллические включения	Да	Да	Да
Контроль по величине зерна	Да	Да	Да
Поверка закаливаемости	Да	Нет	Нет

Слитки, отобранные для испытаний, обжимают в круглую штангу диаметром 130 *мм* или прямоугольную сечением 100×120 *мм*.

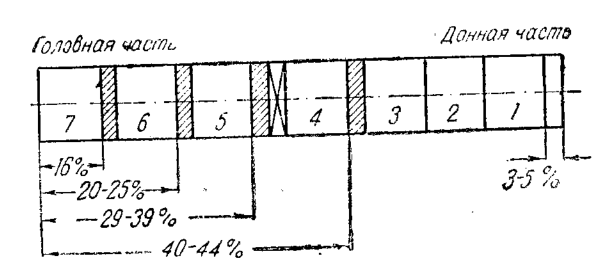
При разрезывании прокатанной штанги из нее вырезывают темплеты и «кубики» для контрольных испытаний, например, от слитков весом в 700 *кг* (прокатанных в штанги ∅ 130 *мм*) вырезывают три темплета и один кубик.

Темплеты вырезывают после удаления определенной части металла со стороны головной части слитка, как это показано на фиг. 12. Кубики вырезывают непосредственно за вторым темплетом.

От слитков весом 1500—2000 *кг* и выше, прокатанных в штанги 100×120 *мм*, отрезывают четыре темплета и один кубик (фиг. 13) [1]. Кубики вырезывают непосредственно за третьим темплетом.



Фиг. 12. Взятие контрольных темплетов из круглой штанги.



Фиг. 13. Взятие контрольных темплетов из квадратной штанги.

Толщина темплета 40±5 *мм*, а высота кубика 200±10 *мм*. На темплетах ставят номер слитка и цифру, соответствующую проценту отреза (А—16, А—25 и т. д.). После охлаждения темплеты направляют в лаборатории для испытаний.

§ 9. Контроль химического состава

Путем химического анализа устанавливают содержание в стали различных элементов, чтобы убедиться в соответствии состава стали стандарту на ствольные стали.

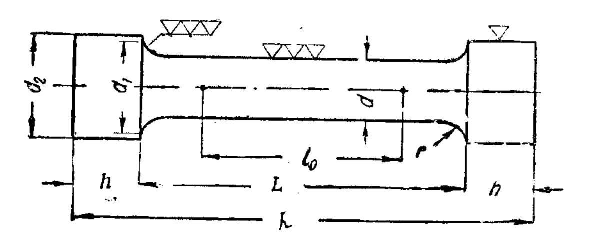
Пробу для химического анализа берут в виде стружки от второго темплета.

Если сталь выдерживает механические и другие испытания, то в ее составе допускают следующие отклонения от норм: ±0,02% углерода, ±0,05% марганца, ±0,08% кремния, ±0,1% никеля в стали, легированной никелем, ±0,1% хрома в стали, легированной хромом, ±0,05% хрома в углеродистых сталях, ±0,03% вольфрама, +0,005% серы, +0,005% фосфора.

[1] 5 и 6-й куски слитка считают сталью второго сорта.

§ 10. Механические испытания

Образцы для механических испытаний вырезают из кубиков и испытывают на растяжение на машине Амслера или прессе Гагарина.



Фиг. 14. Образец для испытаний на растяжение.

Форма образцов показана на фиг. 14, а размеры приведены в табл. 11.

Таблица 11

№ образца	$\frac{l_0}{d}$	Размеры в *мм* (см. фиг. 14)								
		d	d_1	d_2	h	l_0	l	L	r	Допускаемые отклонения на размер, a
1	5	10	14	20	16	50	80	112	4	±0,03
2	10	10	14	20	16	100	130	162	4	±0,03
5	5	11,29	14	20	16	50	80	112	4	±0,03
3	5	20	24	30	25	100	160	210	5	±0,05
4	10	20	24	30	25	200	260	310	5	±0,05
6	5	8	11	16	12	40	64	88	—	—
7	10	8	11	16	12	80	104	128	3	±0,03
8	5	6	8	12	7	30	36	50	1	±0,03
9	5	5	7	11	7	25	30	44	1	±0,02
10	5	3	4	5	4	15	18	26	0,5	±0,02

Примечание. В качестве стандартных образцов для стали устанавливаются образцы № 1, 2, 3 и 4; образец № 5 также приравнивается к стандартным. В тех случаях, когда по размерам заготовки не представляется возможным изготовить указанные образцы, допускается применение уменьшенных пропорциональных образцов № 6 и 7 и только в исключительных случаях допускаются к испытанию образцы № 8, 9, 10, причем в этих случаях в журнале делается отметка о размерах образца и указывается машина, применявшаяся для испытания.

Образцы доводят до требуемого размера шлифовкой и измеряют их в трех сечениях (в середине и по концам) по двум взаимноперпендикулярным направлениям с точностью до 0,02 *мм*. Изменения диаметра образца по длине допускаются в пределах

половины допуска на его изготовление. По наименьшим из полученных размеров вычисляется начальная площадь поперечного сечения образца с точностью до 0,5%.

Предел текучести определяют при растяжении образца на машине при непрерывно и плавно возрастающей нагрузке. При растяжении отмечают момент заметного падения рычага (на рычажных машинах) или остановку (возможно также и падение) указательной стрелки силоизмерителя машины. Отмеченную точку принимают за нагрузку p_s, отвечающую пределу текучести σ_s.

Усилие p_s может быть также определено непосредственно по диаграмме растяжения при достаточности масштаба последней, а именно: 1 *мм* ординаты не более 1 *кг/мм*² напряжения образца.

Предел текучести вычисляют с округлением до 0,5 *кг/мм*² по формуле

$$\sigma_s = \frac{p_s}{F_0} \text{ кг/мм}^2 .$$

Для определения временного сопротивления разрыву образец закладывают в испытательную машину и непрерывно возрастающей нагрузкой доводят до разрушения; наибольшую нагрузку при этом принимают за p_b. Временное сопротивление разрыву вычисляют с округлением до 0,5 *кг/мм*² по формуле

$$\sigma_b = \frac{p_b}{F_0} \text{ кг/мм}^2 .$$

Относительное удлинение δ определяют с округлением до 0,5% по формуле

$$\delta = \frac{l_1 - l_0}{l_0} \cdot 100\%,$$

где l_1 — длина после разрыва в *мм*;

l_0 — расчетная (начальная) длина в *мм*.

Для определения длины l_1 образца после разрыва обе части его по возможности плотно складывают и измеряют с точностью до 0,1 *мм*.

Относительное сужение ψ вычисляют с округлением до 0,5% по формуле

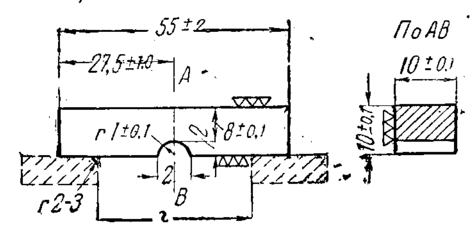
$$\psi = \frac{F_0 - F_1}{F_0} \cdot 100\%,$$

где F_1 — площадь поперечного сечения образца в месте разрыва.

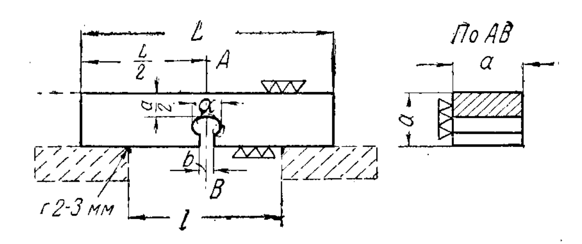
Для определения F_1 обе части образца плотно складывают и измеряют по диаметру в двух взаимноперпендикулярных направлениях с точностью не менее 0,05 *мм*; из двух наименьших значений диаметра определяют среднее F_1.

Контрольное испытание на ударную вязкость производят обычно на маятниковых копрах типа Шарпи, Амслера и др., предназначенных для испытания образца на изгиб, как балки, свободно

лежащей на двух опорах; при этом применяют образцы типа Менаже или Шарпи (фиг. 15 и 16), размеры которых указаны в табл. 12 (СТНВ-74).



Фиг. 15. Образец Менаже № 1.



Фиг. 16. Образцы Шарпи (№ 2 и 3).

Таблица 12

№ образца	Наименование образца и сокращенное обозначение	Номинальный размер площади сечения в месте надреза F, $см^2$	Размеры в *мм* (см. фиг. 15 и 16)						Расстояние между опорами копра при испытаниях *мм*
			a	L	$\frac{L}{2}$	$\frac{a}{2}$	d	b	
1	Менаже (М) .	0,8	На фиг. 15						$40^{\pm 0,5}$
2	Шарпи (Ш-10)	0,5	$10^{\pm 0,1}$	$55^{\pm 2}$	$27,5^{\pm 1}$	$5^{\pm 0,1}$	$1,5^{\pm 0,1}$	$0,7^{\pm 0,2}$	$40^{\pm 0,5}$
3	Шарпи (Ш-15)	0,12	$15^{\pm 0,2}$	$90^{\pm 2}$	$45^{\pm 1}$	$7,5^{\pm 0,2}$	$2^{\pm 0,05}$	$1^{\pm 0,2}$	$60^{\pm 0,5}$

Поверхность образца, за исключением торцов, должна быть шлифованной. Сечение образца в месте надреза измеряют с точностью не менее 0,05 *мм*. Образец считают годным и за площадь принимают номинальное ее значение, если размеры сечения в месте надреза не выходят за пределы установленных допусков.

Характеристикой при испытаниях считают удельную ударную вязкость a_k, вычисляемую с округлением до 0,1 *кг/см²* по формуле

$$a_k = \frac{A_k}{F} \text{ кгм/см}^2.$$

Работу удара A_k после разрушения образца с округлением до 0,1 *кгм* определяют по шкале, градуированной непосредственно в

кг, или по углу (в градусах) взлета маятника по формуле

$$A_k = pl(\cos\beta - \cos\alpha),$$

где p — вес маятника в *кг*;

l — длина маятника в *м*;

β и α — соответственно углы подъема маятника после и до излома образца.

§ 11. Проверка условий выплавки и разливки стали

В этом случае проверяют записи в плавильном журнале, относящиеся к выпуску и разливке стали. При этом отбраковывают следующие слитки: 1) отлитые через рыло ковша; 2) отлитые при некроющем стопоре с омыванием футеровки надставки при разливке сверху; 3) отлитые с перерывом струи; 4) отлитые сифоном до прибыли с наполнением прибыли сверху; 5) если при разливке стали сверху или сифоном металл шел вместе со шлаком; 6) при двукратном сливе металла из печи в один и тот же ковш без предварительного удаления жидкого шлака; 7) при выпуске металла в грязный ковш.

§ 12. Контроль слитков и блюмсов по скорости охлаждения

При охлаждении слитков и блюмсов из стали 0392 и 38ХСА фиксируют кривую охлаждения, которую вместе с паспортом передают для плавочного контроля. Такой порядок контроля вызывается тем, что стали этих марок очень чувствительны к образованию интеркристаллических трещин и флокенов. Поэтому их надлежит охлаждать очень медленно, особенно большие слитки, в интервале температур от 450 до 150°. Скорость охлаждения слитка не должна превышать 15° в час.

§ 13. Исследование макроструктуры (СТНВ-75)

Исследование макроструктуры производят травлением.

П о п е р е ч н о е   г л у б о к о е   м а к р о т р а в л е н и е имеет целью выявить пористость, подкорковые пузыри, внецентренную ликвацию, трещины и другие пороки металла. Метод глубокого поперечного макротравления наиболее полно вскрывает все пороки металла.

Для травления можно применять: 1) реактив Кешиена; 2) водный (50%) раствор соляной кислоты; 3) реактив «38-12-50»; 4) водный (20—30%) раствор серной кислоты; 5) надсернокислый аммоний (персульфат аммония); 6) водный раствор пикриновой кислоты; 7) реактив Гейна; 8) реактив Обергоффера; 9) реактив Баумана.

Для глубокого макротравления чаще всего пользуются реактивом Кешиена и водным (50%) раствором соляной кислоты.

Реактив Кешиена состоит из 65 частей технической концентрированной соляной кислоты уд. в. 1,19; 10 частей технической концентрированной серной кислоты уд. в. 1,84 и 25 частей воды.

Реактив Кешиена дает возможность выявить химическую и кристаллическую неоднородность, различные физические дефекты (трещины, пузыри, газовые пустоты, пористость, загрязнение), дендритное строение и макроструктуру стали.

Подготовка макрошлифа для травления реактивом Кешиена заканчивается грубой шлифовкой (наждачная бумага № 1) с последующим обезжириванием при помощи бензина или спирта. Травление производят в растворе, предварительно нагретом до 60—70°; эту температуру надо поддерживать во все время травления. Темплет перед опусканием в ванну рекомендуется нагревать до 60—70° либо в горячей воде, либо на песчаной бане.

Продолжительность травления зависит от марки стали и обычно составляет 15—60 мин. (верхний предел для высоколегированных сталей).

После травления темплет тщательно промывают в воде и остатки кислот нейтрализуют содой или поташом.

Водный раствор соляной кислоты состоит из 50 частей технической концентрированной соляной кислоты и 50 частей воды.

Подготовка темплета для травления такая же, как и при реактиве Кешиена. Раствор для травления подогревают до 70° и поддерживают при этой температуре в течение всего периода травления. Темплет также подогревают до 60—70°.

Длительность травления зависит от марки стали:

Сталь малоуглеродистая (до 0,2% С)	15 мин.
Сталь среднеуглеродистая (0,25 — 0,4% С) или малолегированная (25Н, 25Н3, 25СГ, 15Х, 35Х)	30 »
Сталь среднеуглеродистая и высокоуглеродистая (0,4 — 1,0% С) и среднелегированная (12ХН2А, 30ХН3, ОХМФ, ОХСМ, ОХМ)	45 »
Сталь высоколегированная (ОХН, 3М, ОХ2НМ, ОХИ4М, РФ1)	60 »

После травления шлифы тщательно промывают горячей водой и натирают содой или поташом для нейтрализации следов кислоты.

Характеристика макроструктуры дается на основе специальной шкалы, которую разрабатывают применительно к рассматриваемым в каждом отдельном случае изделиям; эта шкала должна быть оформлена в виде нормали. Кроме того, характеристику результатов травления можно давать на основе прилагаемой микрофотографии (на фотоснимке обязательно указывают увеличение и реактив), либо подробно описывают макроструктуру, указывая ее главнейшие особенности:

1) Наличие или отсутствие дендритной структуры, а также наличие волокнистого или зернистого строения.

2) Размеры и ориентировку дендритов или направление волокна.

3) Протяженность отдельных зон кристаллического строения.

4) Характер и степень развития сегрегационных зон (отдельно отмечают особенности во внеосевой и точечной ликвации).

5) Наличие флокенов, трещин, междукристаллических трещин и прочих дефектов, нарушающих сплошное строение.

6) Наличие видимых на-глаз включений (неметаллических и металлических).

§ 14. Контроль по отпечаткам Баумана

По отпечаткам Баумана определяют характер распределения серы по исследуемому сечению объекта, а также процент удаления головной части слитка при прокатке.

Подготовка поверхности темплета состоит в грубой шлифовке его наждачной бумагой. Для получения отпечатка лист фотографической бромосеребряной бумаги нужных размеров смачивают 5%-ным водным раствором серной кислоты путем погружения в него на 5—10 мин. Затем фотобумагу слегка отжимают между двумя листами фильтровальной бумаги и осторожно накладывают на предварительно промытую (для обезжиривания) спиртом или бензином поверхность темплета, прижимая к ней темплет либо путем прокатывания резиновым валиком, либо путем растирания ватой для полного удаления пузырьков воздуха. Бумагу выдерживают на темплете 3—5 мин.

При действии серной кислоты на сернистые включения металла выделяется сероводород:

$$MnS + H_2SO_4 = MnSO_4 + H_2S.$$

Сероводород, взаимодействуя с бромосеребряной солью фотобумаги, приводит к образованию сернистого серебра (темного цвета):

$$2AgBr + H_2S = Ag_2S + 2HBr.$$

Полученные на фотобумаге пятна указывают на наличие сернистых включений.

Снятый с темплета лист промывают под струей воды, погружают на 10—15 мин. в 10%-ный водный раствор гипосульфита и затем просушивают.

Обычно процент удаления головной части слитка составляет 30—40%, а донной части 3—5% по весу.

Если при испытании контрольных слитков окажется, что по ликвации они должны быть все забракованы (удаление прибыльной части больше 40%), то для повторного испытания этой плавки берут двойное количество слитков. Если повторные слитки будут также забракованы, то всей плавке дают другое назначение.

§ 15. Контроль по излому шайб

Путем излома шайб обнаруживают слоистость, флокены, неметаллические включения и загрязненность металла.

Контроль состоит в том, что травленые темплеты надрезают с таким расчетом, чтобы величина излома была 18—25 *мм.* Затем надрезанные темплеты закаливают с охлаждением в воде с температурой 20—50° (для самозакаливающихся 60—80°) и ломают под молотом.

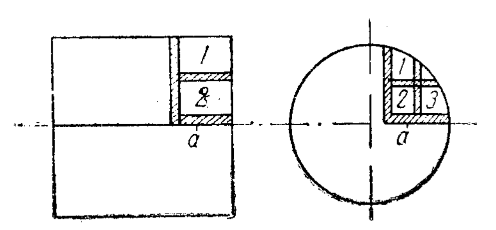
Наличие в изломе окисленных полосок, трещин, флокенов и резко выраженной слоистости служит основанием для забракования стали.

§ 16. Продольное макротравление

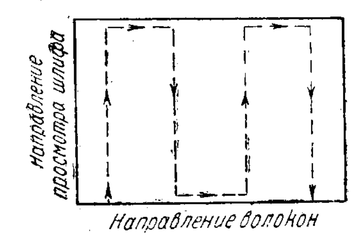
Продольное макротравление является дополнительным испытанием к поперечному макротравлению и излому шайб; его применяют в тех случаях, когда при поперечном макротравлении или изломе шайб получаются сомнительные результаты. При продольном макротравлении выявляют пористость, трещины, волосовины, флокены, темные ликвационные полосы и неметаллические включения.

§ 17. Контроль неметаллических включений

Целью контроля является выявление в металле присутствия оксидов (Al_2O_3, FeO, MnO, $FeSiO_2$, $MnSiO_2$) и сульфидов (FeS и MnS). На заводах нашей промышленности данный контроль является дополнительным и не служит основным мерилом качества металла.



Фиг. 17. Вырезывание брусков для контроля неметаллических включений.

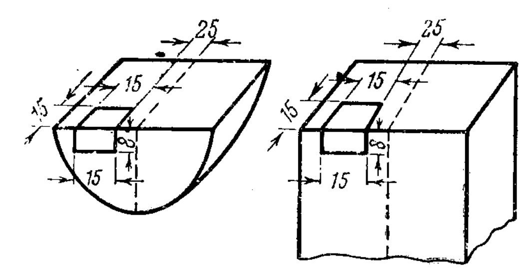


Фиг. 18. Последовательность просмотра шлифа.

Наиболее распространенными являются два метода контроля: 1) SKF — Электросталь; 2) стандарт шведского общества металлургов. Первый метод более простой, но менее точный, второй более точен, но громоздок.

Сущность метода SKF состоит в следующем: из «кубиков», предназначенных для приготовления образцов для механических испытаний, вырезывают бруски размером 15×15 и 20×20 *мм* (фиг. 17). Плоскости *a* шлифуют, клеймят буквой слитка, номером плавки и указывают процент отреза. Затем шлифы закаливают с охлаждением в масле и просматривают в нетравленом виде под микроскопом при 100-кратном увеличении. Для просмотра шлиф устанавливают на столике микроскопа так, чтобы наблюдаемая поверхность была строго перпендикулярна оси трубки объектив — окуляр. Наблюдаемое поле шлифа мысленно разбивают на несколько участков и просматривают, как это показано на фиг. 18. Видимое поле по величине должно соответствовать полю зрения стандартных снимков шкалы (диаметр равен 0,8 *мм*). Балльность устанавливают по максимальному включению, найденному на всем шлифе.

При неудовлетворительных результатах по балльности производят дополнительную поверку неметаллических включений на темплетах (фиг. 19), взятых от двух слитков, поданных для плавочного контроля. Необходимо иметь в виду, что шкала для опре-



Фиг. 19. Вырезывание темплета из слитков.

деления балльности разработана для стали со степенью обжатия (уковки) в пределах 3—6; для больших степеней деформации эта шкала неприменима.

§ 18. Контроль по величине зерна

Целью является определение размеров аустенитового зерна стали.

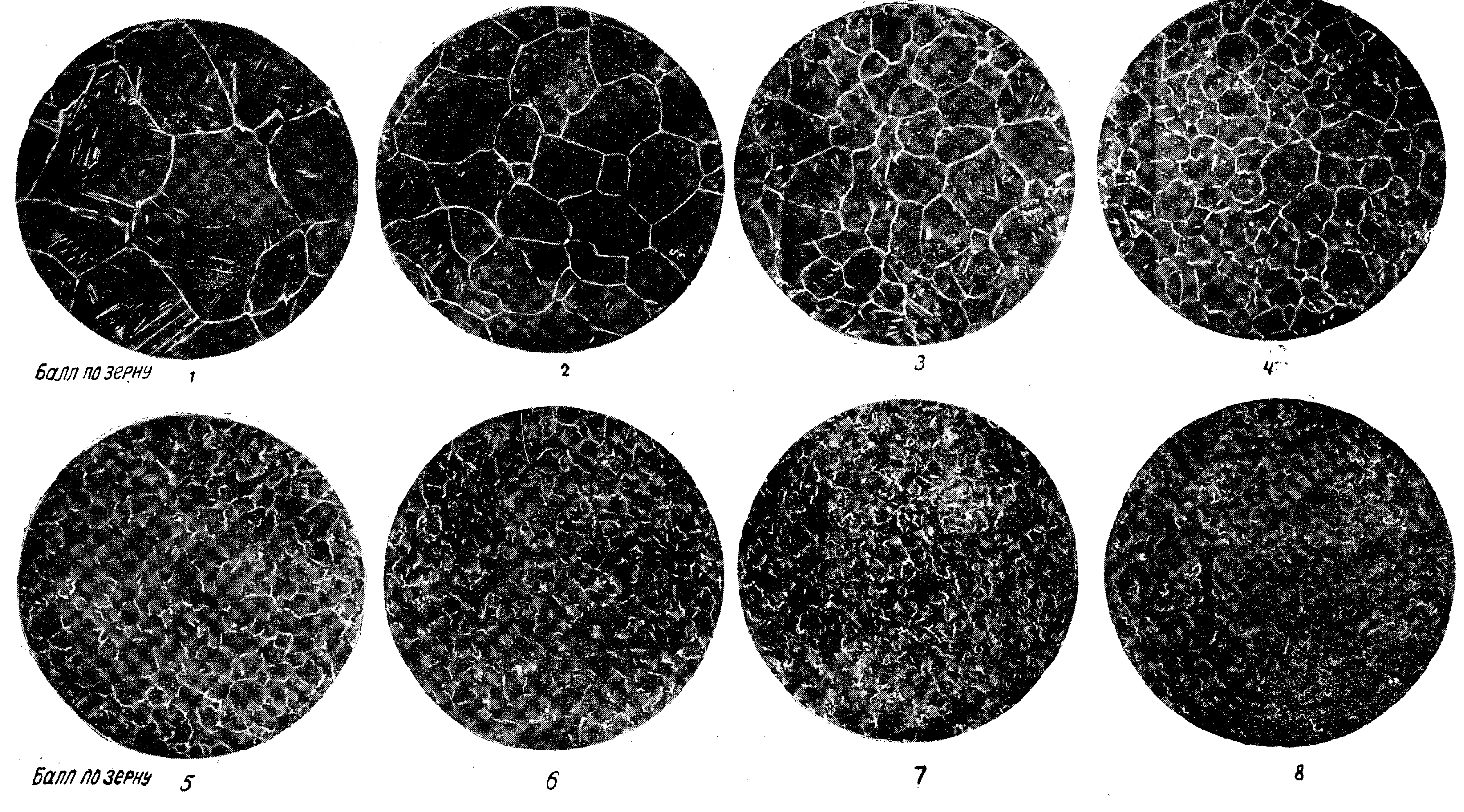
Границы аустенитового зерна для определения его размеров выявляют путем цементации специального образца.

Образцы для испытания (обычно два) размером 10×10×20 *мм* вырезывают из кубиков. Поверхность образцов должна быть свободна от окалины и каких-либо загрязнений, для чего перед цементацией образцы шлифуют грубой наждачной бумагой. После этого образцы помещают в железную коробку с карбюризатором, состоящим из 60 частей древесного березового угля и 40 частей углекислого бария. Образцы укладывают в коробке на расстоянии не менее 30 *мм* друг от друга. Затем коробку плотно закрывают и после подмазки швов глиной подсушивают. Цементацию производят при температуре 925—940°, для чего коробку помещают в электрическую муфельную печь и нагревают до указанной температуры со скоростью 200—250° в час. Выдержав при этой температуре 8 час., образцы охлаждают до 600° вместе с печью (продолжительность охлаждения около 10 час.), а затем на воздухе.

После цементации плоскую сторону образца шлифуют для удаления поверхностного слоя на глубину 2—3 *мм* и на этой стороне приготовляют микрошлиф.

Подготовленные таким образом образцы подвергают травлению в кипящем растворе пикрата натрия в течение 45 мин. Раствор состоит из 100 $см^3$ 20%-ного водного раствора едкого натрия и 2 *г* пикриновой кислоты. Температура раствора 90—100°.

Величину зерна определяют на металлмикроскопе при 100-кратном увеличении. Характеристика размеров зерна определяется по восьмибалльной шкале ASTM (фиг. 20) методом сравнения или же методом непосредственного измерения.



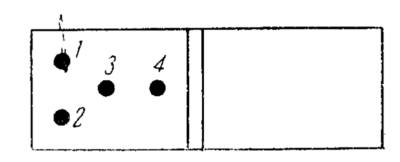
Фиг. 20. Шкалы величины зерна по ASTM.

Зак. 55.

§ 19. Проверка закаливаемости

Этот метод контроля применяют для стали 50А ствольная.

Для проверки из кубика вырезают образец типа Менаже, который нагревают в свинцовой ванне, чтобы избежать обезуглероживания, до 830—850°, выдерживают при этой температуре 4—5 мин., а затем охлаждают в масле. После определяют твер-



Фиг. 21. Места определения твердости.

дость на приборе Роквелла в четырех точках согласно фиг. 21. Если показания прибора в точках *3* и *4* будут меньше $R_c = 42$, то проверяют еще в двух точках рядом с указанными. При отрицательных результатах образец закаливают вновь, так как неудовлетворительные показания могут быть связаны с неправильной термообработкой.

Глава IV.

ПРОИЗВОДСТВО СТВОЛЬНЫХ ЗАГОТОВОК

§ 20. Обжим и прокатка слитков

После контрольных испытаний все слитки данной плавки поступают в прокатку. Слитки обжимают на блюминге или стане 750 (диаметр валков 750 *мм*). На блюминге обжимают слитки весом 1500 *кг* и выше, а на стане слитки весом 750 *кг* и блюмсы, полученные после обжима слитков на блюминге. Слитки нагревают в методических печах. В табл. 13 указаны режимы нагрева для обжима, а в табл. 14 — средняя продолжительность пребывания слитков в печи для нагрева при обжиме на блюминге.

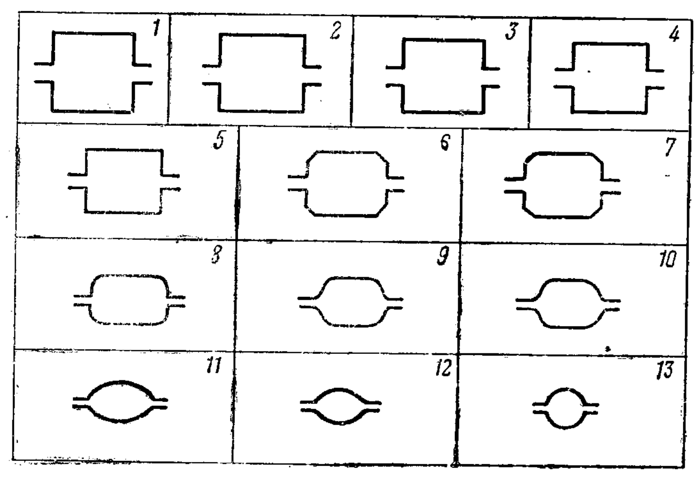
Таблица 13

Период	Сталь 50А ствольная		Сталь 0392	Сталь 38ХСА
	блюминг	стан 750	блюминг	блюминг
Посадка в печь	700°	700°	600°	600°
Выдачи из печи	1100—1180°	1100—1180°	1140—1180°	1100—1150°
Конец обжима	870°	800°	900°	900°

Таблица 14

Периоды	Время в час.		
	50А ствольная	0392	38ХСА
До температуры 850°	4	5,5	4
До температуры выдачи	3	3,3	3
Выдержка при температуре выдачи	1	1,2	1
Общее время	8	10	8

Для стана 750 общая продолжительность нагрева слитков или блюмсов сокращается до 4,5 час. Для обжима слитков весом в 2000 *кг* на блюминге до размера 100×100 *мм* установлен 21 пропуск при восьми кантовках. На стане 750 при прокатке до размера ∅ $130^{\pm 3}$ *мм* — 13 пропусков при шести кантовках.



Фиг. 22. Изменение размеров и формы слитка при прокатке на стане 750.

Постепенное изменение формы и размеров слитка при прокатке на стане 750 показано на фиг. 22. При этом размеры изменяются следующим образом:

1-й пропуск . . . 258 × 310 *мм*
2-й „ . . . 218 × 310 „

Кантовка

3-й пропуск . . . 258 × 310 *мм*
4-й „ . . . 218 × 310 „

Кантовка

5-й пропуск . . . 222 × 228 *мм*
6-й „ . . . 181 × 228 „

Кантовка

7-й пропуск . . . 191 × 190 *мм*
8-й „ . . . 161 × 190 „

Кантовка

9-й пропуск . . . 159 × 168 *мм*
10-й „ . . . 133 × 168 „

Кантовка

11-й пропуск . . 135 × 138 *мм*
12-й „ . . 120 × 166 „

Кантовка

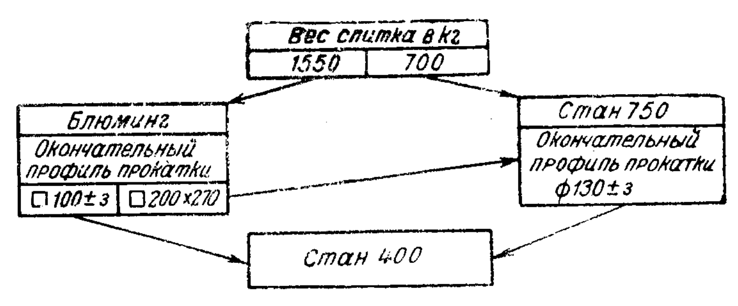
13-й пропуск . . 128 × 131 *мм*

3 Зак. 55.

Длина получаемой при этом полосы 6,6 *м*, а обжатие за 13 пропусков около 80%.

Полученные после обжима на блюминге или стане 750 штанги разрезают на куски, как это показано на фиг. 12 и 13 (темплетов при этом не берут).

Отдельные куски получают следующее назначение: 1, 2, 3 и 4-й куски идут непосредственно для прокатки ствольных заготовок, 5 и 6-й куски идут на торговые сорта стали, а 7-й кусок является отходом и поступает в переплавку. Средний вес кусков, идущих на прокатку для ствольных заготовок, составляет 75—100 *кг;* длина кусков около 1 *м*.



Фиг. 23. Маршрут прокатки слитков в штанги.

В случае удаления металла со стороны прибыльной части слитка в количестве более 30% по весу 4-й кусок идет также на менее ответственные детали. Обычно процент удаления головной части слитка после обжима составляет около 30%, а донной — около 3—5% по весу. На каждом из кусков ставят порядковый номер, считая со стороны донной части слитка, номер плавки, марку стали и клеймо работающей бригады.

Обжатые штанги из ствольной стали 50А охлаждают на воздухе в штабелях, а из сталей 0392 и 38ХСА — в колодцах. Для стали 0392 колодцы подогревают до 250°; температура загружаемого металла должна быть не менее 750°. Охлаждают со скоростью 35° в час до 400°, а затем со скоростью 10° в час до 150°.

Для стали 38ХСА колодцы просушивают; температура загружаемого металла должна быть не менее 500°. Охлаждают со скоростью не более 35° в час до 400° и далее до 150° со скоростью не более 10—15° в час. Такой режим охлаждения стали этих марок обусловлен их большой чувствительностью к интеркристаллическим трещинам и флокенам.

После охлаждения поверхности всех кусков, прокатываемых для ствольных заготовок, очищают пневматическими зубилами, удаляя при этом все внешние пороки (неглубокие трещины, плены, закаты, пузыри и т. п.), а затем осматривают. Дальнейшую прокатку ствольных заготовок производят на стане 400 (диаметр валков 400 *мм*).

Прокатка ствольных заготовок для различных стволов стрелкового оружия несколько отличается друг от друга главным образом в отношении конечных размеров, например, для винтовки обр. 1891/1930 гг. — $24^{\pm 0,5}$; БС — 12,7-*мм* — $48^{\pm 0,8}$; 14,5-*мм* ПТР — $48^{\pm 0,8}$ и т. д.

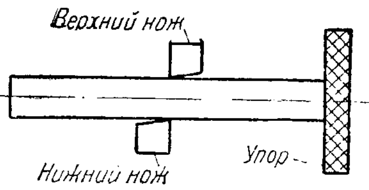
Для прокатки заготовки нагревают в методических печах. Температура начала прокатки 1100—1150°, конца — около 900°. Продолжительность нагрева около 2 час.

После охлаждения прокатанные штанги осматривают, а затем направляют в кузнечный цех.

Порядок прокатки слитков в штанги для ствольных заготовок показан на фиг. 23.

§ 21. Ковка ствольных заготовок

Штанги после осмотра перед ковкой разрезают на части на прессах (фиг. 24). Длины частей различны для разных образцов оружия, например, для заготовки стволов винтовки обр. 1891/1930 гг.—960^{+15}, БС—1525^{+50}, 14,5-*мм* ПТР—1525^{+50} и т. д.



Фиг. 24. Схема разрезки штанг.

До последнего времени заготовки ковали на специальных паровых молотах, называемых „колотушками“, с силой удара 250—500 *кг*. Например, ковка заготовки для двух стволов пулемета Максима размерами 51×51×514, весом около 10,5 *кг*, состояла из следующих операций:

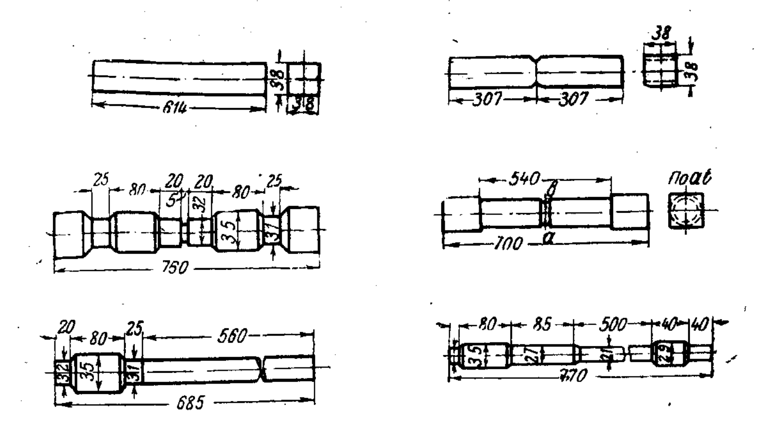
1. Нагрев заготовки до 1120° (в специальных щелевых печах, отапливаемых нефтью).
2. Кругление заготовки.
3. Ковка казенной части обоих стволов.
4. Нагрев одного ствола.
5. Вытяжка дульной части.
6. Нагрев одного ствола.
7. Окончательная отделка дульной части одного ствола и обрубка лишнего металла.
8. Клеймение условным номером плавки.

При ковке дульной части второго ствола операции повторяют. Оба ствола отковывали за 5 нагревов.

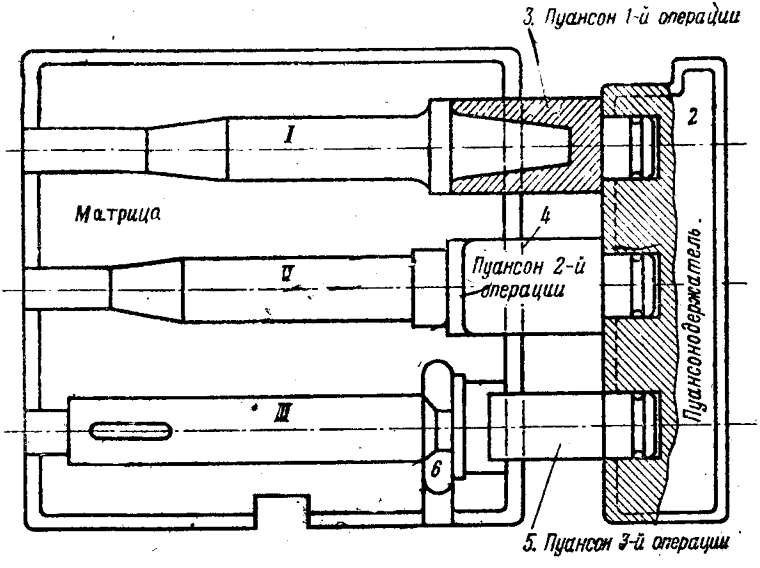
Технологический процесс ковки ствола винтовки обр. 1891/1930 гг. представлен на фиг. 25.

В настоящее время ковка сводится к высадке одного или обоих концов заготовки (в зависимости от формы ствольной заготовки) на специальных горизонтально-ковочных машинах Аякс и Соотас (ствол винтовки и др.) и Эймуко (стволы ПТР и БС).

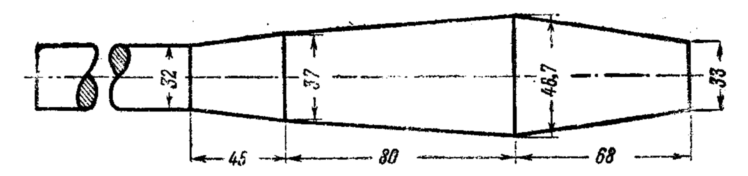
Для высадки концы заготовки нагревают в газовых печах до 1150—1200° (для ствольной стали 50А верхний предел не должен превышать 1180°) и выдерживают при этой температуре 20 мин. Нагретые заготовки высаживают, как правило, в трехручьевом штампе (фиг. 26). В первом ручье происходит предварительная операция высадки (фиг. 27), второй ручей является чистовым — в



Фиг. 25. Операционная карта технологического процесса ковки ствола винтовки обр. 1891/1930 гг.



Фиг. 26. Трехручьевый штамп для высадки стволов пулемета Максима

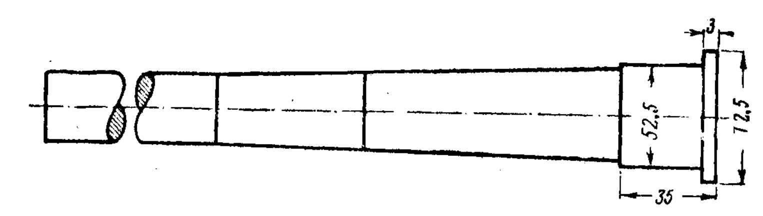


Фиг. 27. Заготовка для ствола ПМ после высадки в первом ручье.

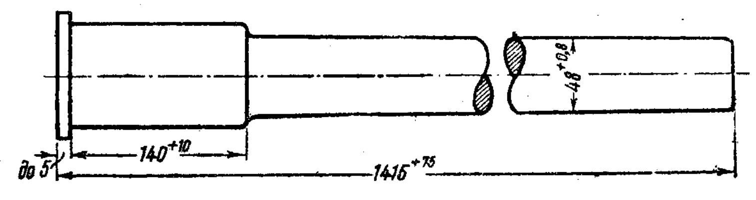
нем заготовке придается требуемая форма с окончательными размерами (фиг. 28) и в третьем ручье обрезают образующийся при высадке заусенец.

Казенную часть винтовки обр. 1891/1930 гг. высаживают в четырехручьевом штампе.

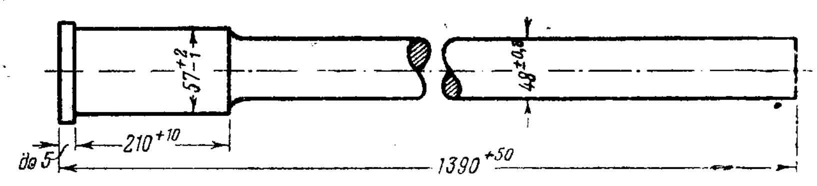
Температура конца высадки должна быть не менее 950°.



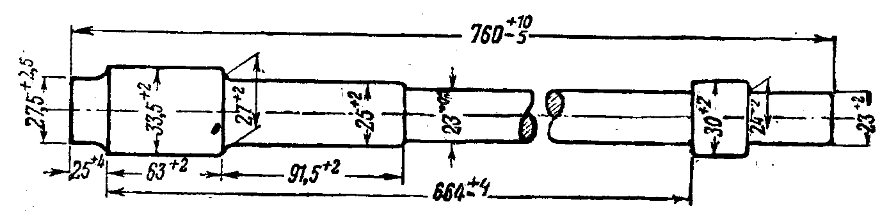
Фиг. 28. Заготовка для ствола ПМ после высадки во втором ручье.



Фиг. 29. Заготовка для ствола 14,5-*мм* ПТР.



Фиг. 30. Заготовка для ствола 12,7-*мм* пулемета БС.

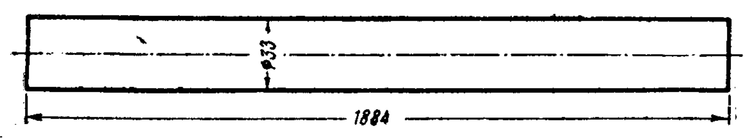


Фиг. 31. Заготовка для ствола винтовки обр. 1891/1930 гг.

Высадочный штамп (фиг. 26) состоит из матрицы *1*, пуансонодержателя *2*, пуансона для 1-й операции *3*, пуансона для 2-й операции *4*, пуансона для 3-й операции *5* и ножа *6*. При высадке подвижная половина матрицы зажимает заготовку, препятствуя ее перемещению, пуансоны же, перемещаясь, деформируют нагретый металл, придавая заготовке требуемую форму. Пуансон 3-й операции проталкивает заготовку в нож, который обрезает заусенец, образуемый в чистовом ручье.

Заготовки некоторых стволов стрелкового оружия после высадки казенного конца представлены на фиг. 29, 30 и 31.

Подобный способ образования ствольных заготовок дает большую экономию в металле и создает наиболее благоприятное расположение волокон металла на участке ствола, подвергающемся наибольшему давлению пороховых газов.



Фиг. 32. Заготовка для трех стволов ручного пулемета ДП.

Заготовки стволов цилиндрической формы, например ДП, не куют, а получают непосредственной прокаткой на мелкосортном стане 400 (фиг. 32).

§ 22. Термообработка ствольных заготовок

Термическая обработка заготовок из стали 50А ствольной состоит из отжига или нормализации и отпуска (последнего может и не быть), а заготовок из специальных сталей 0392 и 38ХСА — из нормализации, закалки и отпуска.

Отжиг уничтожает внутренние напряжения, возникшие в заготовке при высадке или ковке, улучшает структуру стали, подготовляя ее для дальнейшей термической обработки и понижает твердость стали, отчего улучшается ее обрабатываемость при глубоком сверлении и наружной обдирке.

Для отжига заготовки нагревают до температуры, находящейся для углеродистых сталей между точками Ac_1 и Ac_3, и затем медленно охлаждают.

Нормализация, имея то же назначение, что и отжиг, состоит в нагреве до температуры выше точки Ac_3 и последующего охлаждения на воздухе.

Ствольные заготовки подвергают нормализации в том случае, если при высадке или ковке был допущен перегрев, вследствие чего структура металла стала крупнозернистой. В тех случаях, когда после нормализации твердость заготовок, при испытании контрольных стволов на твердость, будет выше $H_B = 180$ (диаметр отпечатка менее 4,45 *мм*), то такую партию стволов подвергают отпуску, нагревая для этого сталь до температуры, не превышающей точки Ac_1 и затем охлаждая.

Режимы отжига, нормализации и отпуска, а также применяемые печи при термообработке стволов винтовок обр. 1891/1930 гг. (сталь 50А) приведены в табл. 15.

Стволы из углеродистой стали закаливают и отпускают после глубокого сверления и первого развертывания, что обусловлено недостаточной прокаливаемостью углеродистых сталей. Ствольные заготовки из специальных сталей, благодаря хорошей прокаливаемости их, подвергают окончательной термообработке до механи-

Таблица 15

Термообработка	Печь	Количество заготовок, загружаемых в печь	Температура в °C: печи при посадке	Температура в °C: нагрева металла	Продолжительность: нагрева с выравниванием	Продолжительность: выдержки при заданной температуре	Охлаждение
Нормализация	Газовая с шаровым подом	120—140	830	$820^{\pm20}$	2 часа 15 мин. ±15 мин.	15 мин.	На воздухе
	Выдвижная дровяная	$1000^{\pm100}$	830	$820^{\pm20}$	$9^{\pm1}$ час.	1 час	
	Выдвижная газовая	$1000^{\pm100}$	830	$820^{\pm20}$	$5^{\pm1}$ час.	1 час	
	Грумовская	$200^{\pm20}$	730—830	$820^{\pm20}$	1 час 15 мин.±15	15 мин.	
	Щитовая	$100^{\pm10}$	730—830	$820^{\pm20}$	1 час 15 мин.±15	15 мин.	
	Камерная газовая	$100^{\pm10}$	730—830	$820^{\pm20}$	2 часа 15 мин.±15	15 мин.	
Отпуск	Камерная газовая	$180^{\pm20}$	560—660	$650^{\pm10}$	3 часа 45 мин.±15	30 мин.	
	Грумовская	$600^{\pm50}$	560—660	$650^{\pm10}$	$5^{\pm1}$ час.	30 мин.	
	Щитовая	$290^{\pm30}$	560—660	$650^{\pm10}$	$5^{\pm1}$ час.	30 мин.	
	Выдвижная дровяная	$1000^{\pm100}$	Не более 660	$650^{\pm10}$	$9^{\pm1}$ час.	1 час	
Отжиг	Камерная газовая	$180^{\pm20}$	Не более 750	$740^{\pm10}$	3 часа 45 мин.±15	30 мин.	С печью до 650°
	Выдвижная газовая	$1000^{\pm100}$	Не более 750	$740^{\pm10}$	$5^{\pm1}$ час.	1 час	То же
	Выдвижная дровяная	$1000^{\pm100}$	Не более 750	$740^{\pm10}$	$9^{\pm1}$ час.	1 час	»

Таблица 16

Термообработка	Печь	Количество заготовок, загружаемых в печь	Температура в °C: печи при посадке	Температура в °C: нагрева металла	Продолжительность: нагрева с выравниванием	Продолжительность: выдержки при заданной температуре	Охлаждение: среда	Охлаждение: температура, °C
	Стволы ПТР							
Нормализация	Выдвижная газовая	80—100	850—900	900—920	$7^{\pm1}$ час.	1 час	Воздух	—
Закалка	Грумовская	18	930—940	$930^{\pm10}$	1 час 10 мин.	20 мин.	Вода	30—70
Отпуск[1]	Грумовская	60	640	640—650	—	2 часа	Замачивание в воде	—
	Стволы БС							
Нормализация	Грумовская	60—70	790—890	$880^{\pm10}$	2 часа 15 мин.±15	30 мин.	Воздух	—
	Газовая выдвижная	$165^{\pm15}$	—	$880^{\pm10}$	$7^{\pm1}$ час.	1 час	Воздух	—
Закалка[2]	Щитовая	36	870—890	$880^{\pm10}$	1 час 15 мин.	15 мин.	Масло	30—80
	Щитовая	35—45	560—660	$650^{\pm10}$	3 часа 30 мин.±30	30 мин.	Воздух	—
Отпуск[3]	Грумовская	$100^{\pm10}$	560—660	$650^{\pm10}$	3 часа 30 мин.±30	30 мин.	Воздух	—

[1] После выдержки при заданной температуре определяют твердость по Бринелю, в зависимости от которой выдержку можно увеличить.

[2] Посадку в печь для нагрева под закалку производят по наклонным колосникам через каждые 15 мин. по 6 шт. в заднее окно, а выемку через переднее окно и также по 6 шт. через 15 мин.

[3] Для нагрева под отпуск допускается посадка заготовок в печь в два ряда с укладкой заготовок в верхнем ряду с промежутками. В соответствии с результатами испытания пробы на твердость выдержка при нагреве может быть увеличена, а в особых случаях температура отпуска может быть повышена до 670° или снижена до 600°.

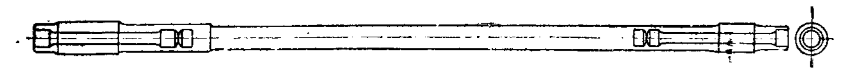
ческой обработки. Термическая обработка этих заготовок состоит из нормализации, закалки и отпуска. Режимы термообработки стволов ПТР (сталь 38ХСА) и стволов БС (сталь 0392) и применяемые при этом печи указаны в табл. 16.

§ 23. Контрольные испытания отожженных стволов [1]

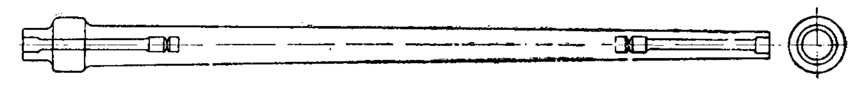
Ствольные заготовки, прошедшие предварительную термообработку (отжиг или нормализацию, или нормализацию и отпуск), подвергают испытаниям для определения их твердости, механических свойств и микроструктуры.

Для испытания на твердость на прессе Бринеля при диаметре шарика 10 *мм* под нагрузкой 3000 *кг* с выдержкой 15 сек. отбирают 3% заготовок. Твердость их должна составлять $H_B = 150$—180, что соответствует диаметру отпечатка 4,45—4,85 *мм*.

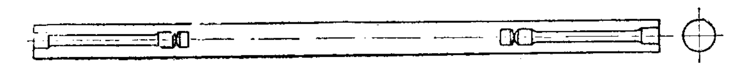
Для механических испытаний отбирают 0,3% заготовок от предъявляемой партии, но не менее двух. Из каждой заготовки для испытаний вырезывают по два образца из казенной и из дульной части (фиг. 33, 34 и 35).



Фиг. 33. Вырезывание образцов для испытаний из заготовки ствола винтовки обр. 1891/1930 гг.



Фиг. 34. Вырезывание образцов для испытаний из заготовки ствола ПМ.



Фиг. 35. Вырезывание образцов для испытаний из заготовки ствола ДП.

Результаты механических испытаний (проводимые аналогично описанным ранее) должны соответствовать данным табл. 5.

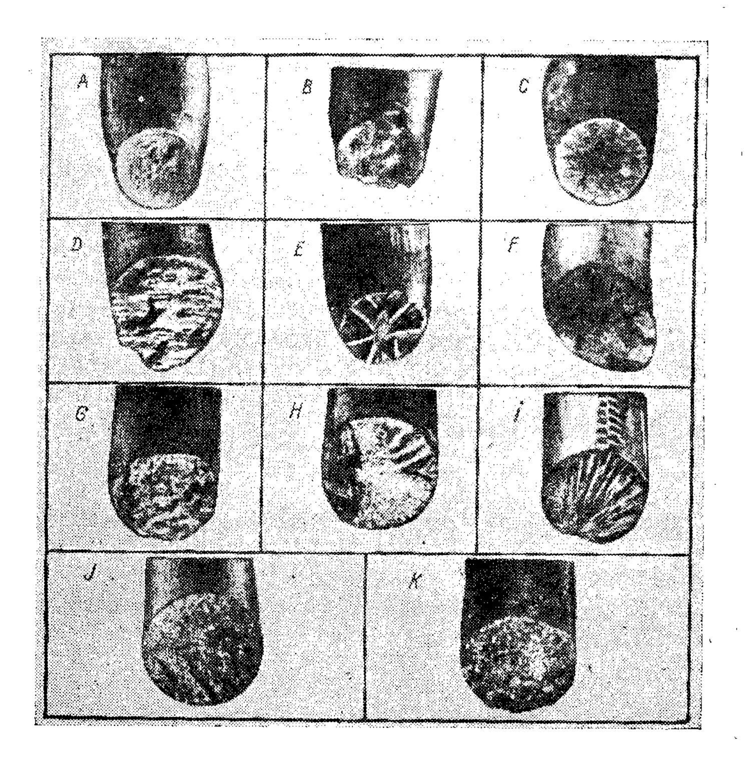
Характер излома брусков определяют по артиллерийской шкале изломов (фиг. 36).

Микроанализ дает возможность установить степень загрязненности стали неметаллическими включениями, а также определить правильность проведения предварительной термообработки.

[1] Контрольные испытания окончательно термообработанных стволов будут рассмотрены ниже.

Микроисследование производится на шлифах, вырезанных из головок образцов для испытания на разрыв.

Если контрольные испытания партии заготовок дают неудовлетворительные результаты, то берут двойное количество заготовок



Фиг. 36. Шкала изломов.

A—волокнистый матово-серый излом в виде чашечки.
B—такой же излом, но чашечка имеет частью сорванные края.
C—мелкозернистая блестящая окружность излома и матово-серое волокнистое ядро.
D—излом уступами матово-серый слоистый, называемый также шиферным.
E—волокнистый матово-серый излом (иногда чашечка), имеющий внутри гребни в виде звездочки.
F—матово-серый косой излом.
G—пузыристый излом.
H—соломенный излом с продольными шлаковыми включениями в виде соломины.
I—мелкозернистый матовый излом.
J—среднезернистый блестящий излом (крупнее, чем *I*)
K—крупнозернистый блестящий малозаносистый излом.

и испытание повторяют. В зависимости от результатов повторных испытаний допускают повторную термообработку, которая может состоять из отпуска, отжига или нормализации.

ЧАСТЬ II

МЕХАНИЧЕСКАЯ ОБРАБОТКА СТВОЛОВ СТРЕЛКОВОГО ОРУЖИЯ

§ 24. Общие сведения о механической обработке стволов

Механическая обработка стволов стрелкового оружия слагается из обработки канала ствола и его наружной поверхности. Наиболее характерными и специфичными в технологическом процессе являются операции по обработке канала. Эти операции вместе с тем являются наиболее трудоемкими, требуют серьезнейшего внимания и применения высококвалифицированной рабочей силы. Операции обработки канала, составляя основу технологического процесса, нередко лимитируют весь производственный цикл. Способ выполнения этих операций, оборудование, инструмент и приспособления являются в основном однотипными для различных стволов; примерно однообразным является и общий порядок расстановки их при изготовлении стволов.

Обработка канала ствола, как правило, предшествует обработке наружных элементов, так как канал ствола является основной базой для ряда других элементов и при начальном его образовании значительно уменьшается вероятность брака, определяемая главным образом специфичностью операции глубокого сверления.

Технологический процесс обработки канала ствола слагается из обработки нарезной его части и обработки патронника.

Строгой последовательности в расстановке отдельных операций, составляющих указанные процессы, применительно ко всем образцам оружия, нет; однако, как правило, окончательные операции по образованию патронника всегда выполняют после окончательной отделки нарезной части канала ствола. Именно только при этом условии создается возможность, используя нарезную часть в качестве базы, получить строгое совпадение осей патронника и нарезной части.

Процесс изготовления канала можно разбить на три основных этапа: 1) образование гладкого канала в стволе путем сверления и развертывания, 2) образование нарезов на поверхности канала и 3) образование патронника.

Каждый из этих этапов состоит из операций, носящих или подготовительный или заключительный по отношению к основной операции характер в зависимости от ее особенностей. Подготовительные и заключительные операции теснейшим образом зависят от принятого способа выполнения основной операции. Эта зависимость особенно наглядна при рассмотрении второго этапа, так как различным способам образования нарезов сопутствуют разные как по числу, так и характеру операции (фиг. 37).

Наружная обработка стволов более разнообразна, так как внешние формы стволов различны и для отдельных систем, пожалуй, своеобразны. Наиболее однотипными для многих стволов этапами технологического процесса наружной обработки следует считать: 1) наружное обтачивание, 2) обработку торца пенька ствола, 3) обработку дульного среза, 4) обработку элементов соединения со ствольной коробкой и 5) обработку некоторых резьбовых элементов.

Эти технологические этапы, как и при обработке канала, в ряде случаев состоят из основных операций и операций подготовительных, что особенно характерно для наружного обтачивания, которое, как правило, предшествует операции образования шеек для люнетов.

Операции наружного обтачивания всегда предшествуют обработке различных внешних элементов и в большинстве случаев чередуются с отдельными операциями по обработке канала ствола.

Обработка торца пенька ствола состоит также из нескольких операций и всегда согласуется с обработкой патронника и элементов соединения ствола со ствольной коробкой. Операции по обработке элементов соединения ствола со ствольной коробкой следуют за наружной обработкой и обработкой пенька ствола. Операции по обработке дульного среза обычно относят в конец технологического процесса наружной обработки стволов.

Рассматривая технологический процесс механической обработки стволов, следует отметить ряд операций, занимающих особое место. К их числу необходимо отнести группу «ремонтных» операций и группу вспомогательных операций.

Ремонтными называют операции, носящие доделочный или исправительный характер. Этим операциям, кроме правки стволов по теням, подвергают не все стволы, а по мере надобности в тех случаях, когда ствол выходит с основных операций с исправимым дефектом. Наиболее широко ремонтные операции применяют при обработке канала ствола.

В группу вспомогательных операций входят преимущественно операции, чистки и смазки ствола, выполняемые в течение всего технологического процесса.

Глава V

ГЛУБОКОЕ СВЕРЛЕНИЕ СТВОЛОВ СТРЕЛКОВОГО ОРУЖИЯ

§ 25. Подготовительные операции, предшествующие глубокому сверлению

Глубокое сверление каналов стволов представляет собой одну из ответственнейших операций изготовления стволов, так как от правильности проведения данной операции в значительной степени зависит весь ход технологического процесса. Поэтому к операции глубокого сверления предъявляют ряд требований, из которых основными являются:

1) Действительная ось отверстия должна быть прямолинейна.

2) Ось отверстия должна совпадать с осью заготовки, т. е. во время сверления сверло не должно отклоняться от геометрической оси.

3) Отверстие должно иметь цилиндрическую форму.

4) Качество поверхности отверстия должно быть высоким.

Невыполнение хотя бы одного из этих требований вынуждает вводить ряд дополнительных операций в технологический процесс изготовления ствола, а также переводить часть стволов в брак как непосредственно после сверления, так и иногда на последних операциях. Все это заставляет уделять много внимания глубокому сверлению.

Успех сверления, главным образом в части получения отверстия, концентричного наружной поверхности и с прямолинейной осью, в значительной степени зависит от тщательного выполнения подготовительных операций, создающих для сверления необходимые благоприятные условия.

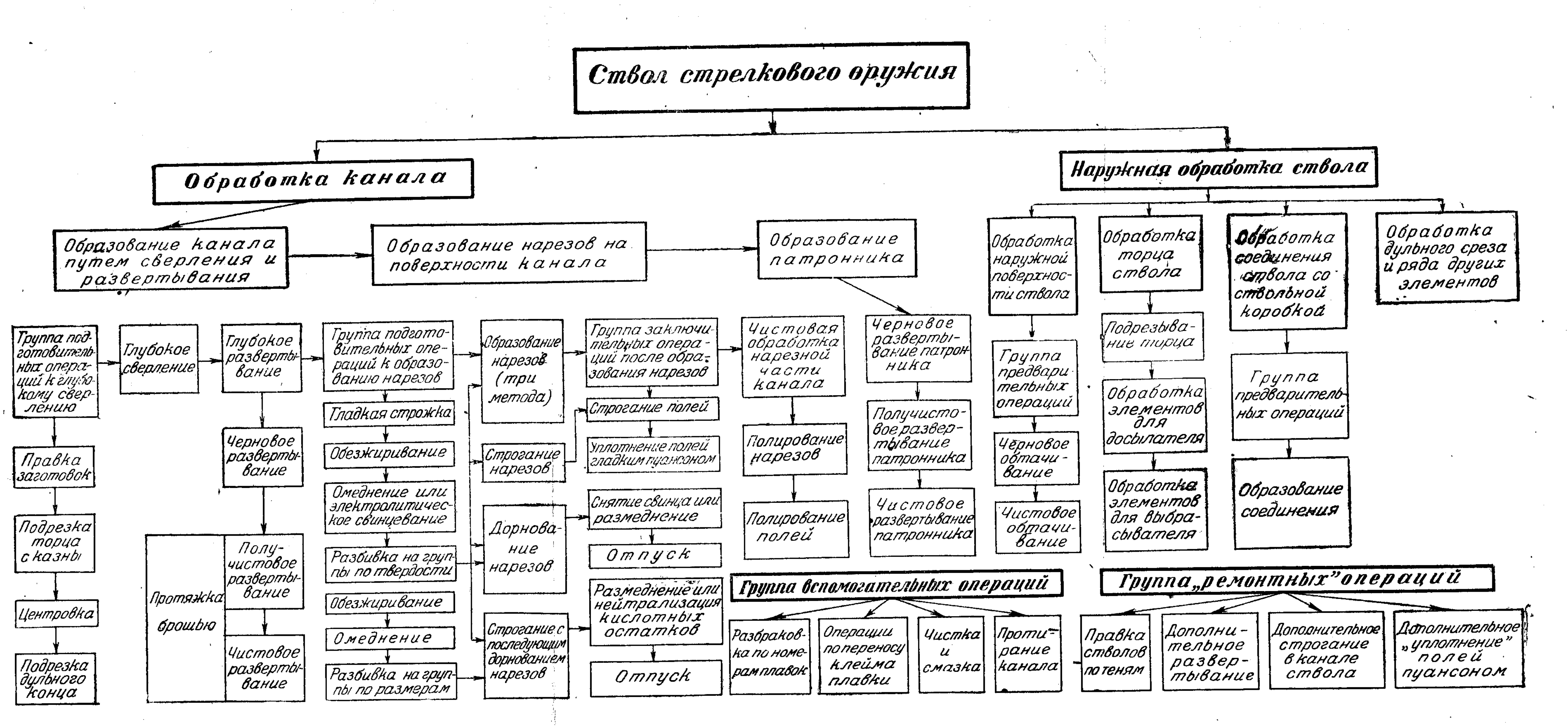
Типичными для всех стволов стрелкового оружия операциями, предшествующими глубокому сверлению, являются: 1) разборка заготовок по номерам плавок [1]; 2) правка ствольных заготовок; 3) подрезание казенного торца, отрезание остатка с дульной части и зацентровывание торцов (обычно одного казенного); 4) наружное обтачивание (на наших заводах раньше обтачивали только стволы калибром в 20 *мм*); 5) перенесение номера плавки на цилиндрическую поверхность, если таковой проставлен на торце заготовки.

Разбирать заготовки по номерам плавок необходимо для того, чтобы пускать в производство партии стволов, относящиеся к одноименной плавке. Это, прежде всего, дает возможность в случае выявления недоброкачественности металла данной плавки быстро снять все относящиеся к ней стволы с механической обработки, а также создает наиболее благоприятные условия для установки в каждом отдельном случае наивыгоднейших режимов резания. Кроме того, для сохранения номера плавки на готовом стволе во время механической обработки ствола номер плавки с одного подлежащего обработке элемента ствола переносят на другой, уже обработанный. Переносить номер плавки удобнее при запуске в производство ствольных заготовок партиями одного номера плавки.

Таким образом сортировка ствольных заготовок по номерам плавок диктуется как техническими, так и организационными удобствами.

Правка ствольных заготовок является наиболее ответственной предварительной операцией; от тщательности ее зависит качество глубокого сверления. Ствольные заготовки, как правило, вслед-

[1] Некоторые заводы этой операции не производят, так как считают, что различия в твердости стволов небольшие и вследствие этого нет необходимости изменять режимы резания для каждой плавки. При массовом же производстве, когда завод одновременно получает ствольные заготовки из нескольких различных плавок, операция разбраковки становится громоздкой, а изменение режимов резания следует производить весьма часто.



Фиг. 37. Схема механической обработки стволов стрелкового оружия.

ствие предшествующей ковки и термообработки[1], а также особенно при небрежной транспортировке, получаются с искривленной осью. При сверлении таких заготовок сверло сильно отклоняется от оси, особенно при сверлении заготовок стволов калибра 7,62 *мм*, у которых дается небольшой припуск по наружной поверхности, что вызывает увеличение брака при глубоком сверлении. Кроме того, при сверлении искривленных заготовок, вызывающих вследствие их биения значительные инерционные силы, станок работает весьма неспокойно, что, помимо разладки и усиления износа частей станка, понижает стойкость сверл. Поэтому правке, особенно для стволов калибром 7,62 *мм*, уделяют особенное внимание.

Обычно перед глубоким сверлением эти ствольные заготовки правят предварительно, определяя кривизну на-глаз, а затем правят окончательно, определяя кривизну «на мелок»; окончательно правят после подрезания и зацентровывания торцов.

Кривизну ствольных заготовок «на мелок» определяют на токарном станке. Дульный конец закрепляют в патроне, а казенный устанавливают на центре задней бабки и при вращении заготовки отмечают мелом искривленные места; после этого заготовку правят в отмеченных местах.

Заготовки для стволов калибром 7,62 и 12,7 *мм* правят вручную, пользуясь для этого установленной на подставке наковальней и молотком весом 4 *кг* для стволов калибра 7,62 *мм* и 8 *кг* для стволов калибра 12,7 *мм*.

Ствольную заготовку кладут на наковальню так, чтобы ее выпуклая часть, отмеченная мелом, располагалась на наковальне по середине выемки и была обращена вверх. Нанося удары молотком, заготовку выправляют. Эта операция, выполняемая обычно рабочими 2—3-го разряда, требует от правщика большого навыка и уменья соразмерить силу удара молотком со степенью искривления заготовки.

Заготовки для стволов калибра 14,5 и 20 *мм*, иногда и 12,7 *мм*, правят на прессах, пользуясь для этого зачастую прессами Толедо (фиг. 38).

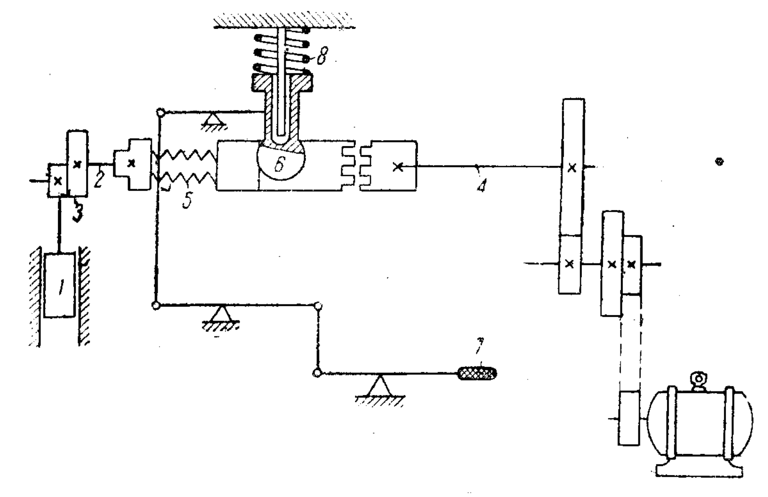
Ползун (молот) *1*, которым наносится удар по ствольной заготовке, двигается поступательно в направляющих станины пресса.

Это поступательное движение ползун получает от вала *2* через эксцентрик *3*. Вал *2* при включении кулачковой муфты приводится во вращение валом *4*, кинематически связанным с мотором пресса ременной передачей и шестернями.

Кулачковая муфта включается под действием пружины *5* при отводе пальца *6* от профильного гребня левой половины кулачковой муфты. Палец *6* отводится посредством рычажной передачи при нажиме на педаль *7*, причем пружина *8* сжимается. При освобождении педали палец под действием пружины занимает начальное положение, выключая кулачковую муфту. Левая половина муфты, смещаясь по валу, сжимает пружину *5*.

[1] Термообработке перед сверлением подвергают стволы, изготовленные из специальных сталей.

Заготовку устанавливают под прессом на двух призматических подставках. Действие ползуна на ствольную заготовку передается через дополнительную накладку. Поскольку ход ползуна постоянный, то для сообщения ствольной заготовке различного прогиба, соответственно ее кривизне, при работе применяют металлические пластины, которые накладывают на дополнительную накладку по мере надобности.



Фиг. 38. Кинематическая схема прессов Толедо.

Правка ствольных заготовок, как и все последующие правки стволов, основана на сообщении им остаточной деформации, устраняющей изгиб оси. Поэтому изгиб ствольной заготовки во время правки должен быть больше ее первоначальной стрелы изгиба на величину, определяемую упругой деформацией. Следует иметь в виду, что выпрямленная таким образом заготовка без последующей термической обработки будет находиться в напряженном состоянии. Поэтому как после наружного обтачивания, так и после сверления будет происходить некоторое восстановление изгиба в первоначальном направлении вследствие нарушения равновесного состояния в металле, вызванного удалением части его.

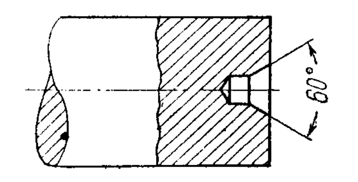
Поэтому после указанных операций стволы необходимо дополнительно править.

Выправив заготовки предварительно на-глаз, их подрезают и центруют с казенного торца и доводят до определенного размера, отрезая дульную часть. Эта подготовительная операция, особенно в части формы зацентровки, оказывает существенное влияние на процесс сверления, так как от правильности захода сверла в ствол зависят величина его увода и стойкость. Форма зацентровки, применяемая в настоящее время на наших заводах, изображена на фиг. 39 и 40.

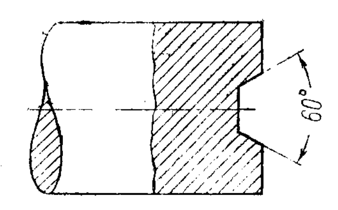
Казенный торец подрезают и зацентровывают в большинстве случаев на простых токарных станках, приспособленных к данной операции. Дульный конец заготовки закрепляют в патроне перед-

ней бабки, а казенный устанавливают в упорном шарикоподшипнике, вставленном в патрон супорта (фиг. 41). Внутри патрона пропущено центровочное сверло, а в боковое окно входит подрезной резец.

Заготовка получает вращение от шпинделя станка через патрон передней бабки; патрон супорта не вращается.



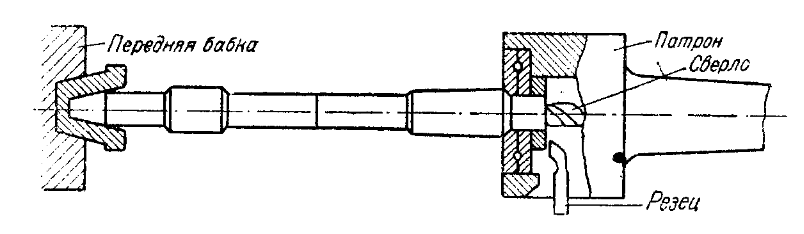
Фиг. 39. Форма зацентровки стволов 14,5-*мм* ПТР.



Фиг. 40. Форма зацентровки стволов 20-*мм* пушки ШВАК.

На американских заводах и частично на наших оба торца подрезают и зацентровывают на специальных двусторонних станках.

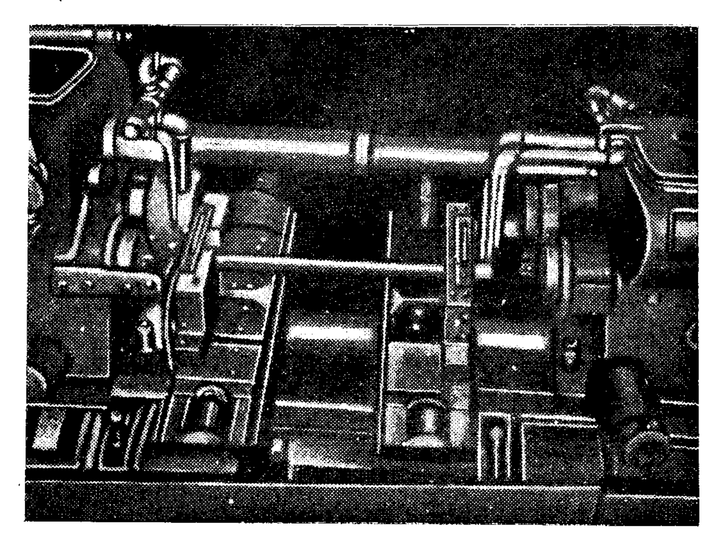
Установка для подрезания торцов и зацентровывания на специальном станке Fay представлена на фиг. 42. Заготовку закрепляют в двух зажимах с V-образными губками двумя винтами, вращаемыми отдельным электромотором. Для установки по длине заготовки эти зажимы могут передвигаться по валу приспособления, расположенному в середине станины.



Фиг. 41. Зацентровывание и подрезание заготовки.

После зажима приспособление с заготовкой поворачивают назад таким образом, что концы заготовки подрезываются двумя фрезами с допуском по длине 0,25 *мм.* Затем приспособление поворачивают вперед так, что торцы заготовки устанавливаются против двух центровочных сверл. Сверла, получая движение подачи, зацентровывают заготовку и отходят в первоначальное положение, после чего зажимы автоматически освобождают изделие.

Такой способ подрезания торцов и зацентровывания на полуавтоматическом станке, отличаясь повышенной производительностью, обеспечивает также точность зацентровки.



Фиг. 42. Установка для подрезания ствольной заготовки и зацентровывания ее на специальном станке Fay.

§ 26. Основные положения глубокого сверления

Обычно к глубокому сверлению относят сверление отверстий, глубина которых в 5—7 раз больше их диаметра, т. е. $L > (5—7)\,d$.

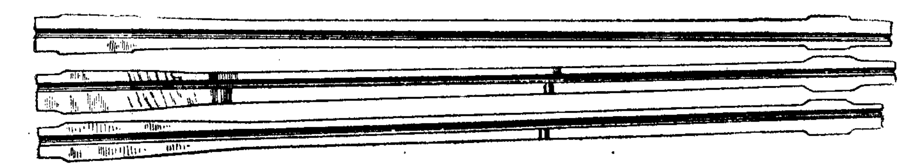
В производстве стрелкового оружия это соотношение достигает $L > (25—100)\,d$, что осложняет сверление, являющееся наиболее трудной операцией при обработке металлов резанием.

Операция глубокого сверления — обычно первая операция при механической обработке ствола — оказывает большое влияние на разработку всего технологического процесса, начиная с выбора размеров заготовки. При сверлении отверстия, даже неглубокого, сверло отклоняется от геометрической оси («сверло уводит»), и ось отверстия не совпадает с геометрической осью наружной поверхности (фиг. 43). Помимо этого, происходит искривление оси отверстия, или так называемый скрытый увод. В зависимости главным образом от конструкции станка, сверла и однородности материала ствола происходит разбивание отверстия, различное на различных участках по длине.

Кроме того, в зависимости от режимов резания, материалов сверла и ствола, свойств и режимов подачи смазывающе-охлаждающей жидкости и других причин частицы металла налипают на поверхности сверла, обусловливая образование порезов на стенках отверстия.

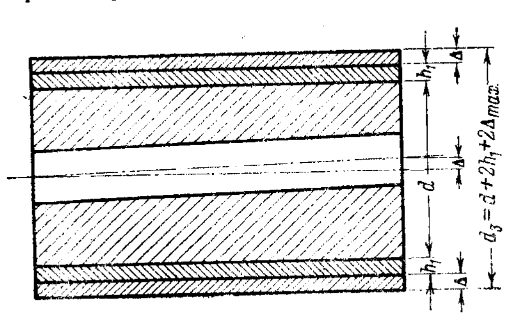
Наконец при уводе сверла волокна металла перерезаются, вследствие чего при последующей механической обработке происходит деформация заготовки, особенно усиливающаяся после термообработки.

Таким образом, во-первых, для компенсации увода сверла, как скрытого, так и явного, необходимо увеличивать припуск на наружную обработку ствола; во-вторых, для компенсации скрытого увода и порезов надо увеличивать припуск на последующую обработку отверстия и, в-третьих, вводить ряд дополнительных правок стволов.



Фиг. 43. Увод сверла.

Увеличение припусков на обработку вызывает непроизводительные затраты, увеличивая отход металла в стружку, парк металлорежущих станков, расход режущего инструмента, электроэнергии и число рабочих. Кроме того, повышается машинное время на обработку ствола, а следовательно, уменьшается производительность.



Фиг. 44. Расчет размеров заготовки ствола.

На фиг. 44 показан расчет размеров заготовки ствола, где Δ—увод сверла в *мм*, а h_1—припуск, определяемый характером заготовки и методом обработки наружной поверхности.

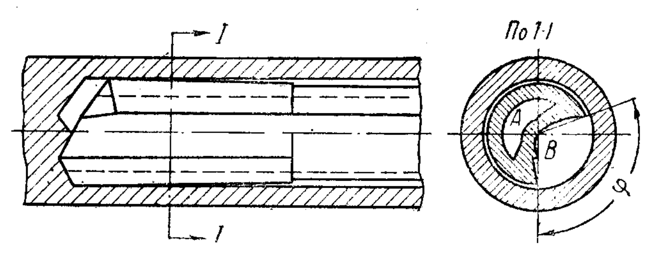
Если рассмотренные дефекты, главным образом величина увода сверла, выходят за предел установленных припусков и допусков, то часть стволов переходит в брак, как непосредственно после глубокого сверления, так иногда и на последних операциях. Отсюда ясна необходимость выполнять все требования, предъявляемые к данной операции, а также обеспечивать максимально возможную производительность.

Для этого прежде всего необходимо стремиться к непрерывности процесса резания. Поэтому образующуюся у режущих кромок сверла стружку надо непрерывно удалять из отверстия. В настоящее время этот вопрос разрешают преимущественно путем применения сверл со специальными каналами для подвода к режущим кромкам сверла жидкости, вымывающей стружку.

Станок в этом случае должен быть снабжен насосом. могущим подавать жидкость в достаточном количестве и с надлежащим давлением.

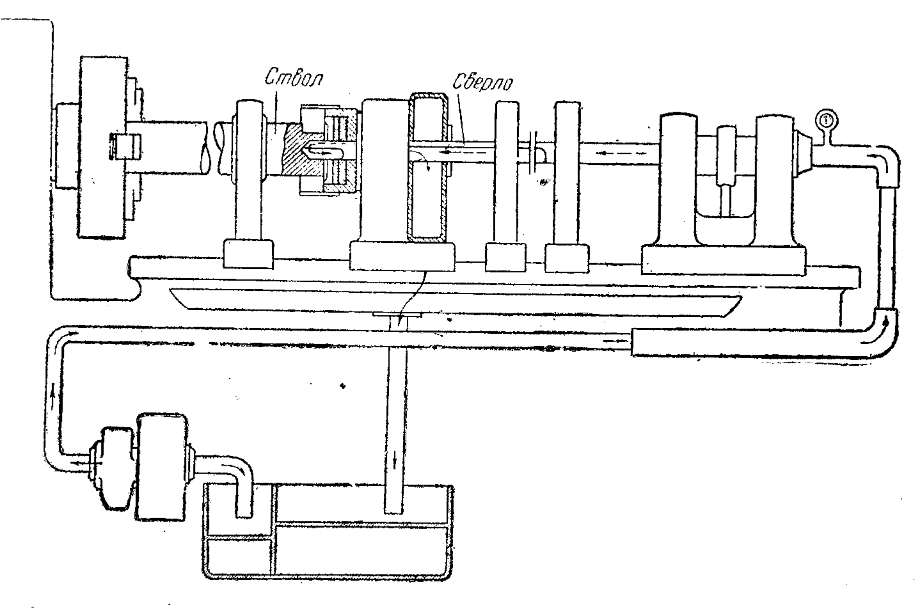
Независимо от конструкции сверл их можно разделить на сверла с внутренним и наружным отводом стружки.

Сверло одностороннего резания с наружным отводом стружки (фиг. 45) имеет отдельное отверстие A, по которому подводят к



Фиг. 45. Сверло одностороннего резания с наружным отводом стружки.

режущим кромкам смазывающе-охлаждающую жидкость. Отвод жидкости вместе со стружкой происходит по главной выемке или жолобу сверла B. Типичная схема установки таких сверл на станке представлена на фиг. 46, причем стрелками указан путь жидкости и стружки.

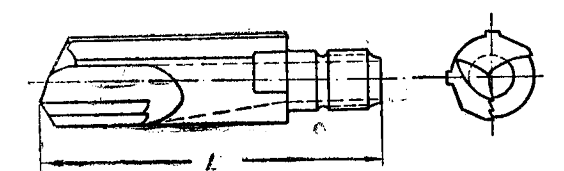


Фиг. 46. Схема установки на станке сверла одностороннего резания с наружным отводом стружки.

У сверл одностороннего резания с внутренним отводом стружки (фиг. 47) жидкость подводится к режущим кромкам через зазор между отверстием и сверлом. Жидкость вместе со стружкой отводят через внутреннее отверстие A сверла. Типовая схема установки таких сверл на станке представлена на фиг. 48.

В производстве стволов стрелкового оружия для всех диаметров до 20 *мм* применяют исключительно сверла с наружным отводом стружки.

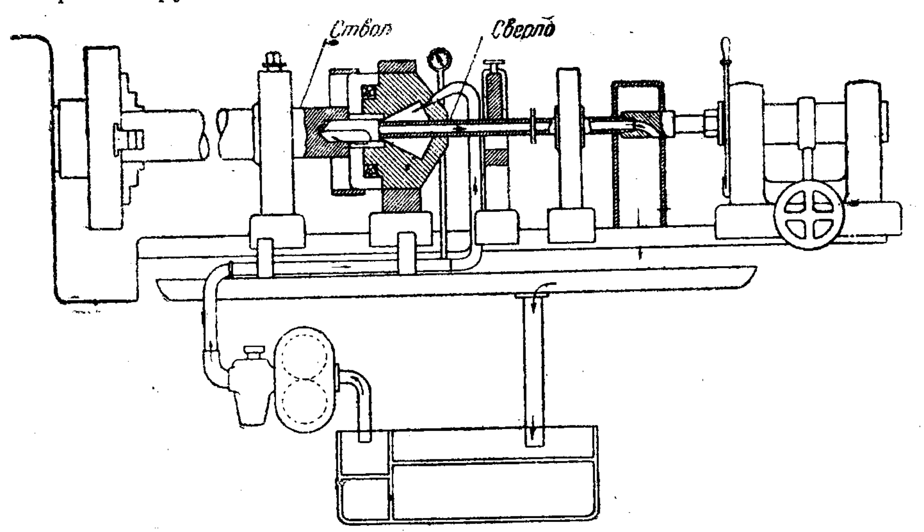
Наряду с рассмотренными типами установок в последнее время в иностранной литературе появились описания полуавтоматических станков, работающих по принципу «step by step». На этих станках работают обычными спиральными сверлами.



Фиг. 47. Сверло одностороннего резания с внутренним отводом стружки.

Спиральные сверла наиболее разработаны с точки зрения их геометрии и допускают значительно более высокие режимы резания, чем ружейные сверла. Однако спиральные сверла при сверлении глубоких отверстий обладают серьезными недостатками. Во-первых, спиральные сверла не допускают резания без перерывов, так как не происходит непрерывного вымывания стружки из сверлимого отверстия. При сверлении спиральным сверлом, по мере накопления в его канавках стружки, сверло нужно выводить из отверстия и удалять стружку из канавок. Вследствие этого увеличивается вспомогательное время.

Кроме того, собирание стружки в канавках сверла может привести к поломке сверла, так как с углублением сверла в отверстие трудно следить за заполнением канавок стружкой.



Фиг. 48. Схема установки на станке сверла одностороннего резания с внутренним отводом стружки.

Поэтому рабочий вынужден постоянно находиться у станка и чаще выводить сверло из отверстия, увеличивая и без того значительное вспомогательное время. Для компенсации этого недостатка спиральных сверл и были применены полуавтоматические станки, работающие по принципу «step by step», обеспечивающие автоматическую подачу сверла при сверлении и вывод его для удаления стружки.

§ 27. Инструмент для глубокого сверления

Для получения отверстия необходимого качества при глубоком сверлении к инструменту для данной операции предъявляют следующие требования.

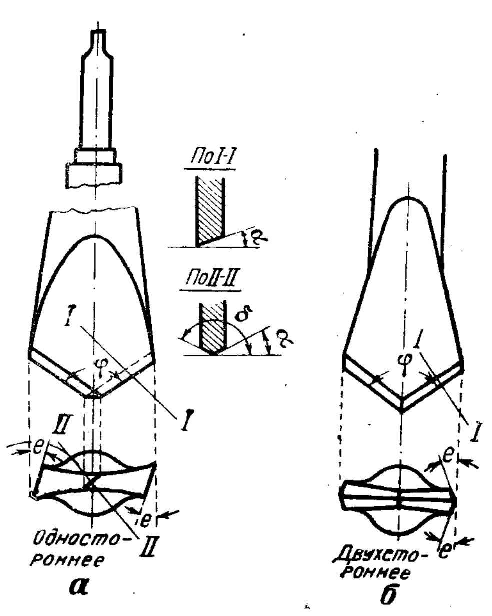
1. Конструкция сверла должна устранять возможность отклонения сверла от его геометрической оси.

2. Конструкция сверла должна обеспечивать непрерывный подвод смазывающе-охлаждающей жидкости и отвод ее со стружкой из отверстия.

3. Сверло должно давать поверхность высокого качества.

4. Сверло должно обладать возможно большей производительностью и достаточной стойкостью.

5. Конструкция сверла не должна быть сложной как в эксплоатации, так и при изготовлении.



Фиг. 49. Перовые сверла.

а—односторонние; *б*—двусторонние.

Сверление глубоких отверстий имеет большую историю. Какова была форма первых сверл, служивших для сверления канала при изготовлении пушек, трудно сказать, но, во всяком случае, мнение большинства исследователей сходится в том, что это были перовые сверла.

Перовые сверла (фиг. 49) имеют много недостатков, основными из которых являются следующие:

1. Сверло недостаточно направляется во время работы, отчего его сильно уводит.

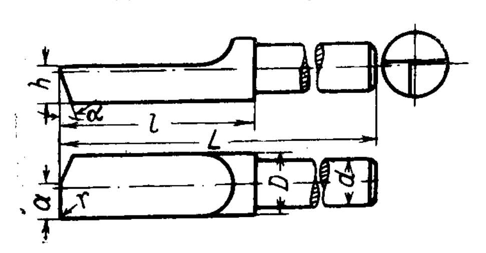
2. Режущие кромки работают при больших углах резания.

3. Поперечное лезвие не режет (угол резания $\delta>90°$), а мнет металл, вызывая тем самым дрожание сверла.

4. Задние углы больше, чем это требуется для нормального резца, вследствие чего режущая часть сверла получается ослабленной.

5. Для удаления стружки необходимо приостанавливать сверление.

Вследствие этих существенных недостатков перовое сверло вскоре после своего появления было заменено пушечным (фиг. 50), которое и до настоящего времени применяют в некоторых производствах.



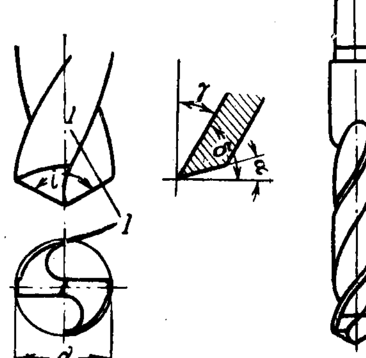
Фиг. 50. Пушечное сверло.

Появление пушечного сверла относится по данным многих авторов к концу XVIII столетия. С тех пор конструкция пушечного сверла мало изменилась и сохранилась в основном до настоящего времени. Пушечное сверло является сверлом одностороннего резания и режет кромкой a. Чтобы сверло не заедало в отверстии, длину режущей кромки a и ее высоту h делают больше половины диаметра сверла. Размер h делают больше полудиаметра на 0,01—0,1 *мм*, а размер a на 0,03—0,05 *мм*. Величина заднего угла 6—10°.

Так как направляющая поверхность сверла в поперечном сечении имеет длину больше полуокружности, то сверло хорошо направляется. Пушечное сверло выгодно отличается также тем, что отверстие получается настолько гладким, что иногда даже не требует последующей обработки разверткой.

Однако пушечное сверло имеет ряд недостатков. Прежде всего оно не обеспечивает непрерывного процесса резания. Кроме того, сверло работает в тяжелых условиях вследствие большого угла резания ($\delta = 90°$). Режимы резания пушечными сверлами очень низкие.

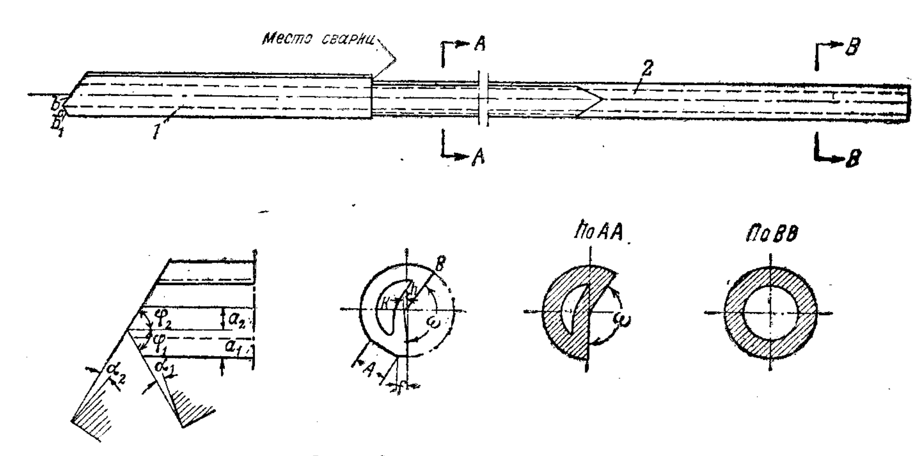
Для глубокого сверления отверстий малого диаметра широко были распространены спиральные сверла (фиг. 51). Эти сверла имеют меньший угол резания, чем перовые или пушечные, что облегчает их работу. К тому же спиральные сверла относятся к многокромочным сверлам и, следовательно, отличаются высокой производительностью. Однако спиральные сверла, как инструмент для глубокого сверления, обладают также рядом серьезных недостатков, отмеченных выше. Поэтому с развитием техники, наряду с разработкой автоматических станков, работающих



Фиг. 51. Спиральное сверло.

по принципу «step by step», возникло стремление сконструировать сверло, полностью удовлетворяющее основным требованиям. Таким сверлом явились ружейное сверло (в производстве именуемое лопаточным) и сверло Морзе. Эти сверла представляют собой усовершенствованные пушечные и спиральные сверла.

Ружейные сверла, являющиеся сверлами одностороннего резания, в нашей промышленности начали применять примерно с 1930 г. и уже к 1933 г. почти все заводы, занимающиеся глубоким сверлением отверстий малого диаметра, работали ружейными сверлами. По данным одного завода годовая экономия от введения ружейных сверл (взамен пушечных) составила 500 000 руб.



Фиг. 52. Ружейное сверло.

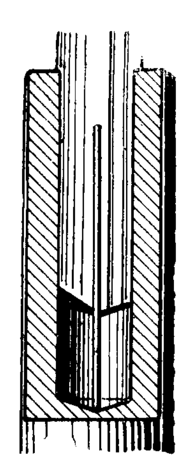
Ружейное сверло (фиг. 52) состоит из двух частей: колоска *1* и цевки *2*, сваренных встык. Рабочую часть сверла (колосок) изготовляют из быстрорежущей стали различных марок, главным образом РФ-1 и РО, а также из заменителей быстрорежущей стали (ЭИ-184 и ЭИ-164). Для увеличения стойкости сверл диаметром более 14 *мм* к колоску припаивают пластинки твердого сплава.

Цевку сверла делают из поделочной стали $\sigma_b = 60—65$ *кг/мм²*, а иногда из бракованных стволов.

Основными элементами рабочей части ружейного сверла являются: наружная b_1 и внутренняя b_2 режущие кромки: углы φ_1 и φ_2 наклона режущих кромок; передний угол; задние углы α_1 и α_2; угол жолоба для отвода жидкости со стружкой; положение вершины сверла относительно его оси a_1 и a_2; положение внутренней режущей кромки сверла относительно его геометрической оси h; конусность рабочей части сверла; фаски A и B по цилиндрической части колоска; ширина f калибрующей кромки, канал K для подвода охлаждающей жидкости; стружколомы. Ружейные сверла до 20 *мм* делают исключительно с наружным отводом стружки.

Угол жолоба сверла ω в настоящее время принимают равным 120°, так как такой угол обеспечивает наилучшие условия вымывания стружки и достаточную жесткость сверла и простоту в изготовлении.

Исследование сверл с различным углом жолоба (ω=30, 60, 90, 100, 110, 120 и 130°) показало, что сверла с ω=30, 60, 90° не обеспечивают должной производительности, и, кроме того, штамповка жолоба вызывала появление трещин, вследствие чего пришлось жолоб фрезеровать, что менее производительно; зато жесткость сверл была наибольшая. Наилучшие результаты при испытании показали сверла с углом ω=120—130°.



Фиг. 53. Образование нулевого стержня.

Положение вершины сверла относительно его оси оказывает большое влияние на увод сверла, стойкость и качество поверхности сверлимого отверстия. По данным различных авторов величина a_2 колеблется от $\frac{d}{3}$ до $\frac{d}{6}$; согласно стандарту на ружейные сверла $a_2 = \frac{d}{4}$.

Более детальное исследование влияния положения вершины на увод приводит к выводу, что наивыгоднейшие условия в отношении увода сверла получаются при $a_1 > a_2$; одновременно возрастает стойкость сверла. В этом случае калибрующая кромка только снимает гребешки, не врезаясь в металл, так как усилие, возникающее на режущей кромке, со стороны калибрующей несколько больше, и сверло отжимается в сторону затыльной части.

Наивыгоднейшее положение вершины сверла таким образом необходимо считать при $a_1=0{,}3\ d$ и $a_2=0{,}2\ d$.

Углы наклона режущих кромок сверла в настоящее время принимают одинаковыми: $\varphi_1=\varphi_2=60°$. Таким образом угол при вершине сверла $\varphi_1+\varphi_2=120°$. Углы наклона режущих кромок оказывают существенное влияние на стойкость сверл, а также на увод сверла и чистоту стенок отверстия. Исследования в этой части показывают, что увеличение до $\varphi_1+\varphi_2=140°$ повышает стойкость сверла и уменьшает его увод. Для получения наименьшего увода сверла при данных $\varphi_1+\varphi_2$ желательно, чтобы $\varphi_1 \leqslant \varphi_2$.

Положение внутренней кромки сверла относительно его оси в ружейных сверлах принято с понижением, вследствие чего при сверлении в центре отверстия образовывался нулевой стержень (фиг. 53). Главное назначение нулевого стержня состоит в улучшении направления сверла при сверлении, вследствие чего резко уменьшается увод сверла; кроме того, отсутствие нулевой скорости резания повышает стойкость сверла. Практикой установлено, что наилучшая работа получается при радиусе нулевого стержня $h=0{,}025\ d$.

Площадь поперечного сечения жолоба для отвода стружки, зависящая от угла жолоба ω, оказывает большое влияние на нормальное вымывание стружки:

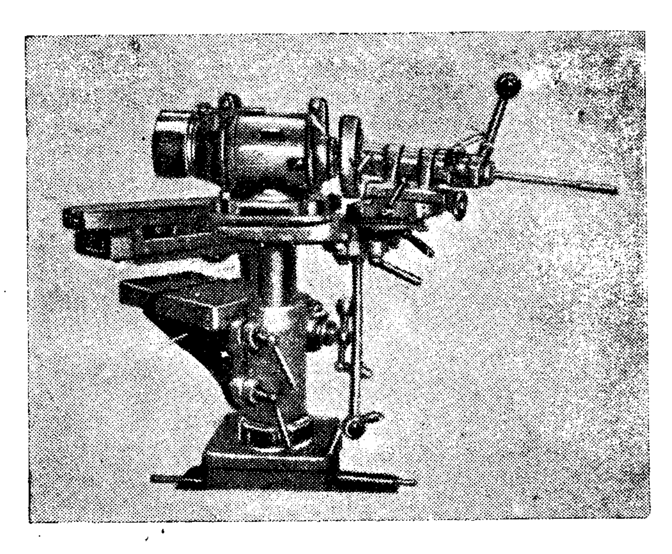
$$f=\frac{\pi d^2}{4}\,\frac{\omega}{360}.$$

При учете понижения вершины угла жолоба получаем действительную площадь сечения

$$f_д \approx 0{,}27d^2.$$

Передний угол ружейных сверл равен нулю, вследствие чего угол резания равен 90°.

Задний угол сверла получают путем заточки его на специальном заточном станке с копирным устройством (фиг. 54) или на любом круглошлифовальном станке, пользуясь эксцентриковым патроном. Сверла затачивают на круге СМ-60, а затем доводят на оселке. Наивыгоднейшим задним углом для обеих кромок сверл диаметром до 20 *мм* принят угол в 15°.



Фиг. 54. Станок для заточки ружейных сверл диаметром до 20 *мм*.

Следует указать, что задний угол α_1 наружной кромки b_1 является переменным, так как эта кромка работает аналогично кромке спирального сверла; задний угол α_2 внутренней кромки b_2 является постоянным — кромка работает аналогично резцу.

Обратная конусность рабочей части сверла служит для уменьшения трения сверла о стенки отверстия. При отсутствии конусности ружейные сверла вследствие интенсивного износа калибрующей кромки работать не могут. Обратная конусность составляет $0{,}1 \div 0{,}3$ *мм* на 100 *мм* длины колоска.

Фаски по цилиндрической части колоска делают также для уменьшения трения сверла о стенки отверстия. Кроме того, фаски улучшают условия подвода жидкости к режущим кромкам. Ружейные сверла диаметром до 15 *мм* имеют две фаски: калибрующую *A* и затыльную *B*. Без калибрующей фаски немыслима работа ружейного сверла, иначе калибрующая кромка не будет иметь заднего угла и высоты. Калибрующая фаска обеспечивает постоянный поток жидкости с обеих сторон калибрующей кромки.

Затыльная фаска, предназначенная для уменьшения трения, не должна заходить за плоскость, проходящую через переднюю грань сверла, так как в этом случае будет увеличиваться увод сверла.

Ширина калибрующей кромки, служащей для зачистки отверстия, в ружейных сверлах до 15 *мм* составляет

$$f = 0{,}15\sqrt{d}.$$

Диаметр канала в сверле для подвода смазывающе-охлаждающей жидкости должен быть такого размера, чтобы пропускать нужное для вымывания стружки количество жидкости. В лучшем случае сечение этого канала должно быть равно сечению жолоба для отвода стружки; однако в сверлах малого диаметра канал такого сечения уменьшает прочность и стойкость сверла, вследствие чего канал обычно делают меньше.

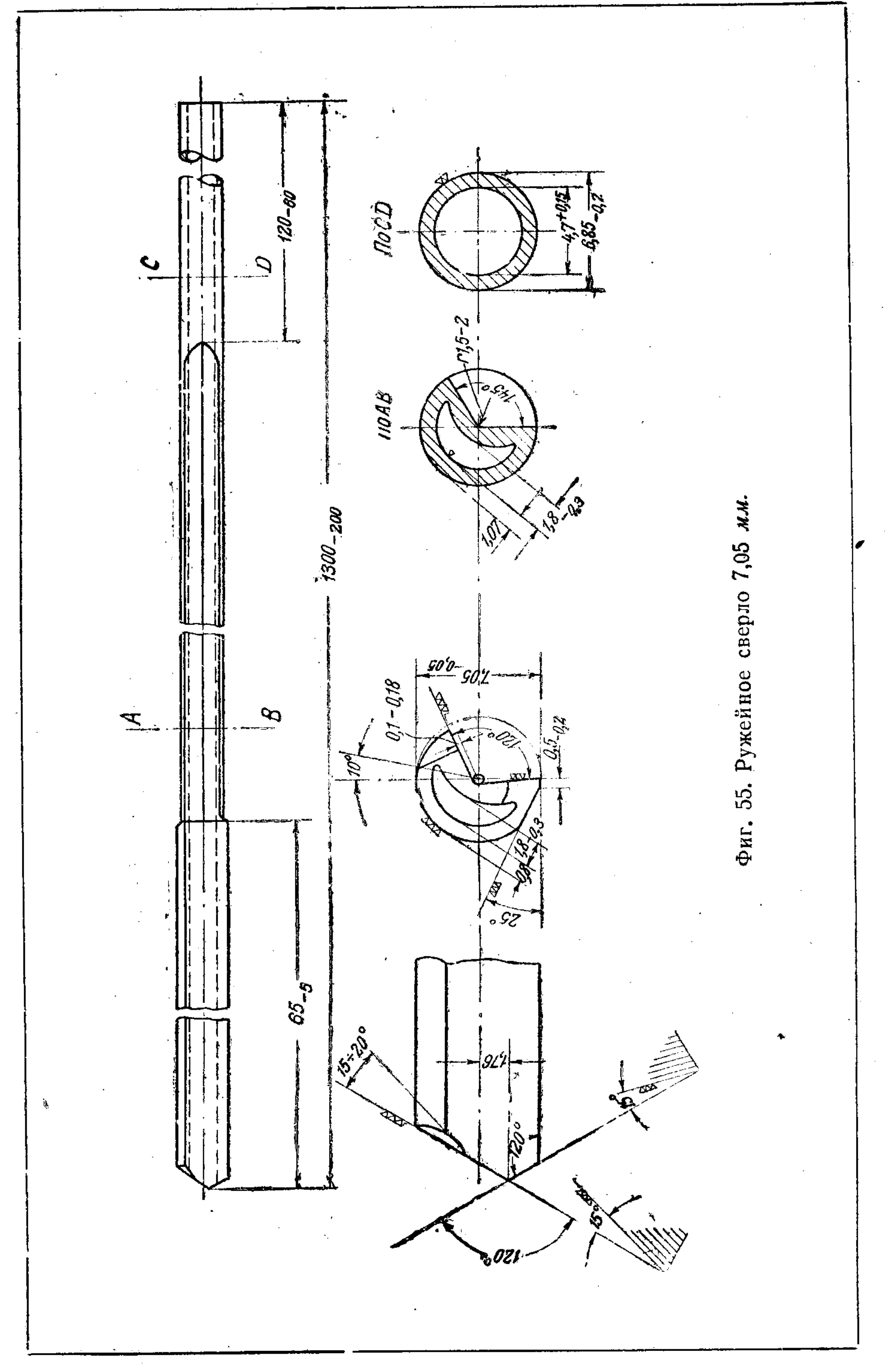
Таким образом ружейные сверла, допуская непрерывный процесс резания, обеспечивают также получение отверстия, концентричного наружной поверхности, дают лучшую поверхность обработки и обладают высокой производительностью. Чертежи сверл различных диаметров представлены на фиг. 55, 56 и 57.

На фиг. 58 показано сверло, применяемое для сверления стволов пулемета Брен, а на фиг. 59 сверло, применяемое на другом иностранном заводе.

Большое значение для увеличения производительности имеют стружколомы, которые в значительной мере определяют величину подачи сверла.

Выбор подачи при сверлении, являющейся основным элементом, определяющим производительность, зависит главным образом от удаления стружки.

Нормальное вымывание стружки зависит от ее формы, которая для отверстий малых диаметров должна иметь вид гофрированной ленты. Гофрирование стружки состоит в том, что стружка, идущая перпендикулярно к режущим кромкам, изгибается в направлении оси сверла главным образом под действием давления смазывающе-охлаждающей жидкости. При увеличении подачи давление жидкости становится недостаточным для изгиба и направления стружки; в особенности это наблюдается при работе сверлами диаметром от 14 *мм* и выше, когда стружка получается довольно жесткой. В таких случаях для улучшения вымывания стружки применяют стружколомы, которые разрезают



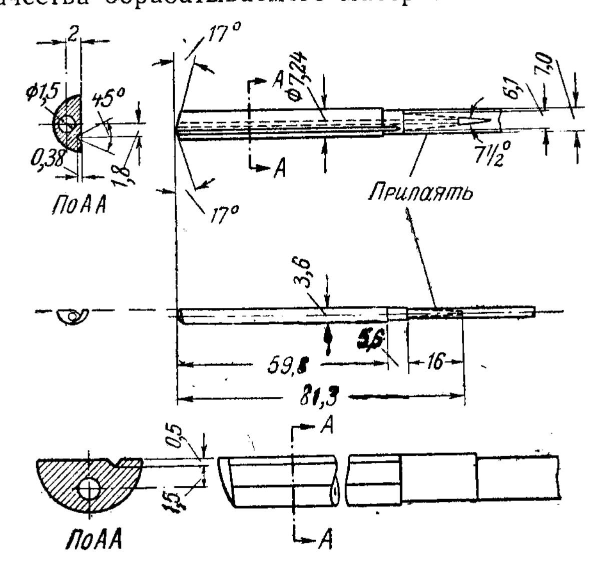
Фиг. 55. Ружейное сверло 7,05 *мм*.

Фиг. 56. Ружейное сверло 11,55 *мм.*

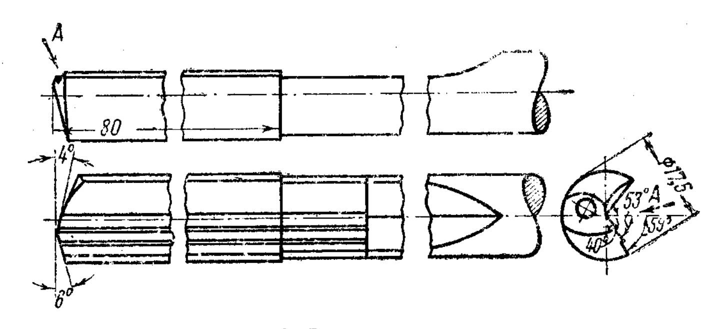
Фиг. 57. Ружейное сверло 13,3 *мм.*

стружку на полоски, уменьшая ее жесткость, и создают для этих полосок упор, отчего направление их движения меняется.

Форма стружколомов зависит от величины подачи, диаметра сверла и качества обрабатываемого материала.



Фиг. 58. Ружейное сверло для сверления стволов пулемета Брен.



Фиг. 59. Ружейное сверло.

Стружколомы могут быть как на передней, так и на задней гранях. Форма стружколомов на передней грани представлена на фиг. 60, а рекомендуемые[1] размеры их для различных сверл указаны в табл. 17.

Наряду с ружейными сверлами с наружным отводом стружки для сверления стволов калибром в 20 *мм* применяют сверла одностороннего резания с внутренним отводом стружки (фиг. 61).

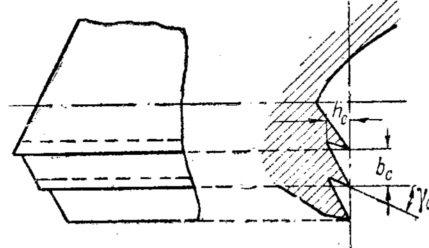
Внутренний отвод стружки упрощает разъемное соединение цевки с режущей частью сверла, что значительно удешевляет

[1] Веремейчук, Сплошное сверление глубоких отверстий.

Таблица 17

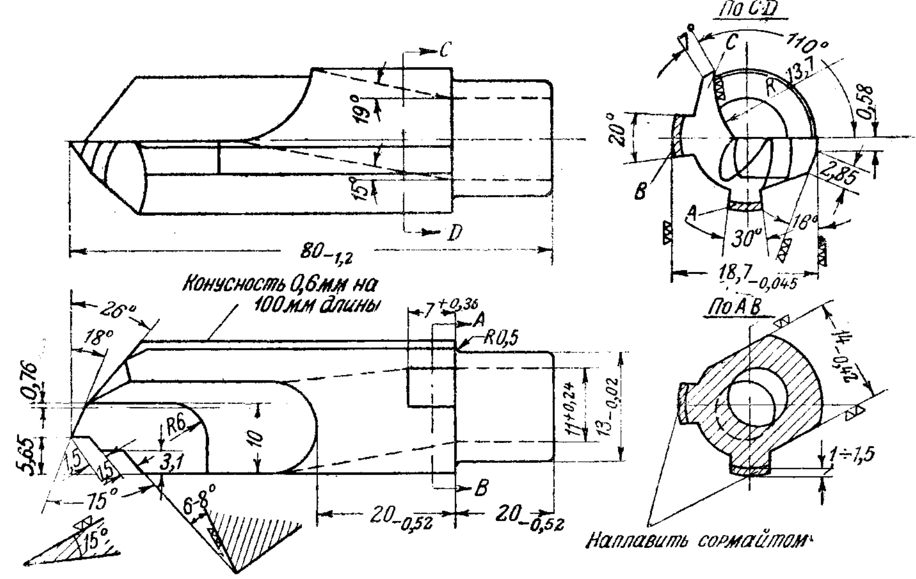
Диаметр сверла *мм*	Число стружко-ломов	Ширина стружко-ломов b_c *мм*	Высота стружко-ломов h_c *мм*	Угол поднутрения γ_c градусы
10	1	3	0,4	7
16	1	4,8	0,6	8
22	2	3,3	0,8	8
26	2	3,9	0,94	8
30	2	4,5	1,07	8

изготовление сверл и упрощает их эксплоатацию. Кроме того, внутренний отвод стружки у сверл одностороннего резания позволяет значительно уменьшить потери напора жидкости при подаче ее к режущим кромкам.



Фиг. 60. Стружколомы на передней грани.

Сверло, показанное на фиг. 61, отличается от рассмотренного выше наличием упорной фаски *A*, направляющей фаски *B*, предохранительной *C*, стружколомами, образованными на задней грани, а также тем, что цевка соединяется при помощи резьбы. Если в сверлах с наружным отводом стружки фаски служат только для уменьшения трения между сверлом и стенками отверстия (у сверл большого диаметра фаски получают довольно рельефное очертание, как это показано



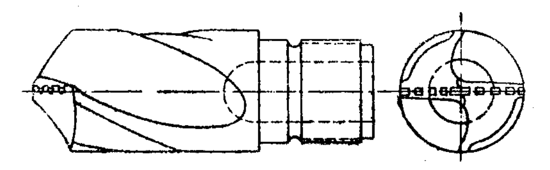
Фиг. 61. Сверло одностороннего резания с внутренним отводом стружки.

на фиг. 62), то у сверл с внутренним отводом стружки фаски в основном должны пропускать всю жидкость, протекающую к режущим кромкам сверла. Это предопределяет их расположение и размеры.

Фиг. 62. Фаски сверла.

А—упорная, *В*—направляющая, *С*—предохранительная, *D*—калибрующая.

В последнее время для сверления глубоких отверстий, начиная с 20 *мм*, применяют спиральные сверла с внутренним отводом стружки или сверла Морзе (фиг. 63), которые допускают более высокие режимы резания, обеспечивая вместе с тем непрерывность процесса резания.



Фиг. 63. Сверло Морзе.

§ 28. Станки для глубокого сверления[1]

Станки для глубокого сверления должны удовлетворять не только общим требованиям, предъявляемым к сверлильным станкам, но еще следующим:

1. Устранять возможность увода сверла и разбивания отверстия.
2. Обеспечивать непрерывный подвод смазывающе-охлаждающей жидкости и отвод ее со стружкой.
3. Иметь автоматический выключатель главного движения и движения подачи на случай возрастания при сверлении крутящего момента.
4. Допускать многостаночное обслуживание.

В настоящее время для глубокого сверления стволов стрелкового оружия применяют много станков различных конструкций, полностью удовлетворяющих предъявляемым к ним требованиям.

Станки для глубокого сверления лучше всего классифицировать по следующим основным признакам[2].

Характер движения заготовки и сверла. Для сверления, как и для любого другого процесса обработки со снятием стружки, необходимы два движения: главное, обеспечивающее непосредственно снятие стружки, и вспомогательное (движение подачи), обеспечивающее непрерывность процесса резания.

[1] Станки для глубокого сверления согласно руководству по паспортизации металлорежущих станков относятся к группе специальных, обозначаемых буквой М.

[2] В настоящее время общепринятой классификации станков для глубокого сверления нет.

Эти движения станок может сообщать обрабатываемому изделию и сверлу различно:

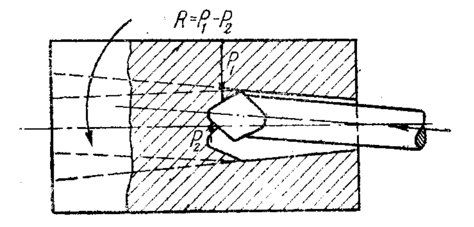
1) вращательное движение (главное) сообщается обрабатываемому изделию, а поступательное (движение подачи) — сверлу;

2) вращательное и поступательное движения сообщаются сверлу, а обрабатываемое изделие остается неподвижным;

3) вращательное и поступательное движения сообщаются обрабатываемому изделию, а сверло неподвижно;

4) обрабатываемое изделие вращается, а сверло вращается и двигается поступательно.

Применение того или иного типа станков зависит главным образом от того, насколько ответственно обрабатываемое изделие, а также от конструкции сверла, диаметра отверстия и размеров обрабатываемого изделия. В производстве стрелкового оружия при глубоком сверлении каналов стволов, учитывая необходимость уменьшить увод сверла, применяют исключительно станки первого и третьего типов.



Фиг. 64. Силы, заставляющие сверло принимать правильное направление.

Рассмотрим сверление отверстия на станке такого типа, где главное и вспомогательное движения отделены и осуществляются различными механизмами станка, причем главное движение придается изделию, а вспомогательное — сверлу.

В этом случае, при отсутствии других факторов, влияющих на увод сверла, действительная ось отверстия будет всегда совпадать с теоретической. Действительно, как видно из фиг. 64 (для большей наглядности изображено многокромочное сверло), у сверла, получившего вначале по каким-либо причинам, зависящим от станка, неправильное направление, вследствие неравномерной загрузки главных режущих кромок, появится равнодействующая сил P_1 и P_2, которая будет стремиться выправить направление сверла. Таким образом сам процесс резания способствует правильному направлению сверла. Однако отверстие в этом случае не будет иметь цилиндрической формы, а получит на некоторой длине, зависящей от жесткости сверла, бочкообразную или коническую форму, т. е. будет происходить так называемое «разбивание» отверстия, что, вообще говоря, имеет значительно меньшее влияние на качество сверления, чем увод сверла.

На сверлильных станках обычного типа, где главное и вспомогательное движения осуществляет шпиндель станка, неправильно направленное сверло будет сохранять это направление (фиг. 65), так как при условии отсутствия других факторов, влияющих на увод, не возникнет сил, могущих исправить направление сверла или как-либо повлиять на его движение. В результате сверло отклонится от оси, причем величина этого отклонения в значительной степени зависит от глубины сверления.

Разработка отверстия при этом, как показывает практика, весьма незначительна.

Следовательно, при выборе типа станка для глубокого сверления отверстий, особенно малого диаметра, необходимо, чтобы главное движение совершало изделие, а вспомогательное — или сверло или изделие.

Привод главного и вспомогательного движений. Большинство станков приводится в действие от индивидуального электромотора, хотя на некоторых заводах можно встретить групповой привод.

Главное движение обычно передается одной ременной передачей (регулировка скорости резания производится за счет сменных шкивов); некоторые станки снабжены коробкой скоростей с 6—8 ступенями.

Фиг. 65. Силы, действующие на сверло на обычном сверлильном станке.

Привод движения подачи в большинстве простых станков состоит из червячных передач и гитары со сменными шестернями; у некоторых станков имеется коробка подач, а в современных вертикально-сверлильных полуавтоматах привод движения осуществляют с помощью гидравлической передачи.

Расположение оси шпинделя. Различают станки: 1) вертикально-сверлильные и 2) горизонтально-сверлильные.

В настоящее время на отечественных и иностранных оружейных заводах применяются оба типа этих станков (преимущественно горизонтально-сверлильные), однако в последнее время стали предпочитать вертикально-сверлильные.

Преимущество вертикально-сверлильных станков по сравнению с горизонтально-сверлильными состоит в том, что, во-первых, ось обрабатываемого изделия расположена почти вертикально, отчего значительно уменьшается занимаемая станком площадь и, во-вторых, расположение изделия сверху, а сверла снизу создает наивыгоднейшие условия для удаления стружки из отверстия.

Количество шпинделей. Современные станки для глубокого сверления бывают с 1, 2, 4, 6, 8, 10 и 12 шпинделями. Преимущества многошпиндельных станков, особенно вертикально-сверлильных, очевидны — они обладают более высокой производительностью, занимают меньшую площадь и требуют меньше рабочей силы (табл. 18).

Автоматизация процесса сверления. Различают простые и полуавтоматические станки. Наиболее распространенные простые горизонтально-сверлильные станки имеют специальные механизмы для выключения станка при окончании сверления, а также для выключения станка, когда величина крутящего момента возрастает. Это допускает многостаночное обслуживание, которое однако ограничивается тем, что рабочий должен

Таблица 18

Характеристика	Горизонтальный двухшпиндельный Пратт-Витней	Вертикальный двенадцатишпиндельный Бауш Машин Тул К°	Вертикальный восьмишпиндельный Джон Барнес
Число шпинделей	2	12	8
Максимальный диаметр сверла, *мм*	20	7,5	7,5
Максимальная глубина сверления, *мм*	850	800	800
Подача в минуту, *мм*	—	25	50
Габариты станка:			
длина, *мм*	3400	3900	2400
ширина, *мм*	850	870	1800
Площадь станка, $м^2$	2,9	3,4	4,3
Площадь, отнесенная к шпинделю, $м^2$	1,5	0,3	0,5

очень часто проверять вымывание стружки и устранять закупоривание отверстия, чтобы предохранить сверло от поломки.

В полуавтоматических станках, помимо указанных механизмов, имеется специальное устройство, предохраняющее сверло от поломок. При возрастании на любом из шпинделей крутящего момента или осевого усилия выше допустимого рабочие салазки (в зависимости от конструкции станка в рабочих салазках закрепляется или сверло или изделие) автоматически отходят на быстром ходу назад, так же быстро возвращаются обратно и переключаются вновь на рабочую подачу. Если перегрузка произошла вследствие закупоривания отверстия стружкой, то при отходе салазок стружка будет вымыта смазывающе-охлаждающей жидкостью и сверление будет продолжаться нормально. Если же перегрузка произошла из-за затупления сверла, то рабочие салазки будут ходить взад и вперед до тех пор, пока рабочий не заменит затупившееся сверло. Такая довольно широкая автоматизация дает полную возможность для перехода на многостаночное обслуживание.

Насос для смазывающе-охлаждающей жидкости. В настоящее время на станках для глубокого сверления можно встретить как шестеренные насосы с наружным зацеплением, так и лопастные насосы.

На наших заводах распространены простые двухшпиндельные горизонтально-сверлильные станки Пратт-Витней, Фриц Вернер, завода им. Ленина (Одесса), Удмурт, Шарман. Кроме того, в последнее время начали применять многошпиндельные вертикально-сверлильные полуавтоматы.

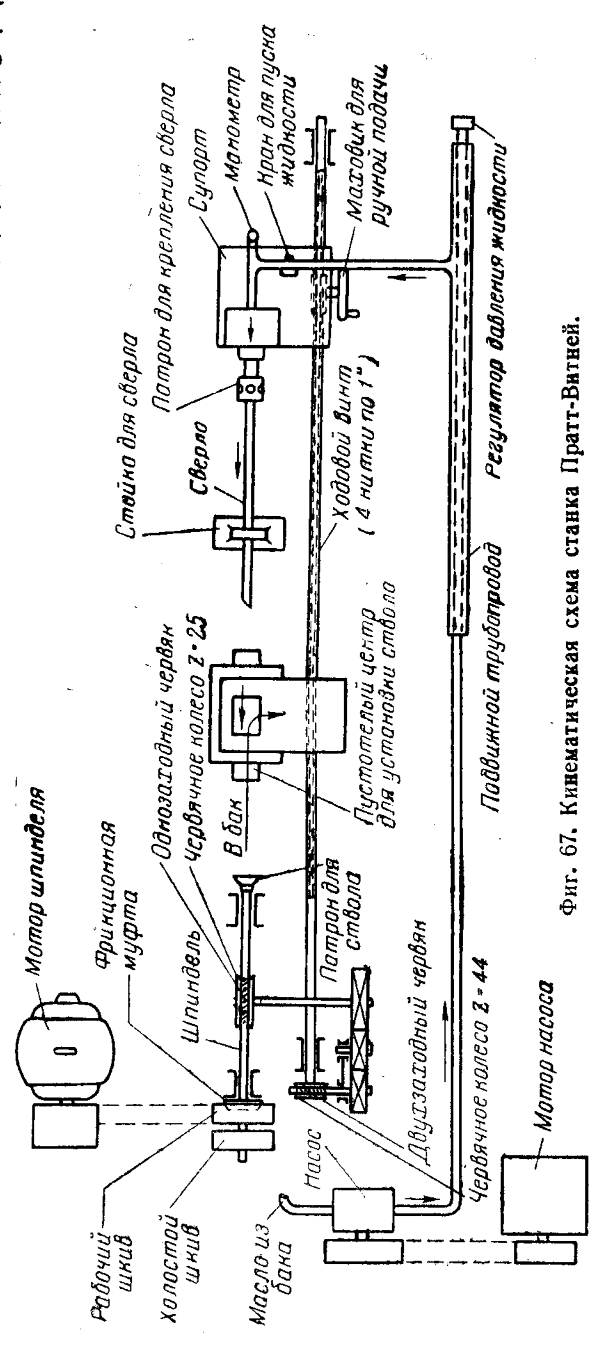
Перечисленные простые горизонтально-сверлильные станки, за исключением станка Шарман, имеют одну и ту же кинематическую схему, а также трубопроводную сеть и отличаются лишь незначительными изменениями конструкций отдельных

Фиг. 66. Горизонтально-сверлильный станок Пратт-Витней.

механизмов, а также типом насоса. Поэтому рассмотрим устройство наиболее распространенного станка Пратт-Витней и отметим отличия других станков.

Двухшпиндельный горизонтально-сверлильный станок Пратт-Витней (фиг. 66) состоит из двух спаренных, вполне симметричных половин, работающих независимо друг от друга. Основными частями станка являются: станина *1*, передняя бабка *2*, задняя бабка *3*, супорт *4*, насос *5* и трубопроводная сеть.

В подшипниках передней бабки установлен шпиндель *6*, который получает главное (вращательное) движение через рабочий шкив *7*, соединенный с индивидуальным электромотором ременной передачей; шкив *8* является холостым. Ствольная заготовка закрепляется своим дульным концом в патроне *9*, навинченном на передний конец шпинделя, а казенным (зацентрованным) — в пустотелом центре, вставленном во втулку *10* задней бабки, которая для установки заготовки ствола перемещается по направляющим станины и крепится в требуемом положении при помощи винта и гайки рукоятки *11*. Сверло закрепляется в самоцентрующем патроне *12*, установленном в супорте, и совершает



Фиг. 67. Кинематическая схема станка Пратт-Витней.

движение подачи при помощи ходового винта *13* и шестерни супорта, включаемой или выключаемой рукояткой *14*.

При сверлении сверло направляется пустотелым центром, втулкой *15*, а также поддерживающими стойками *16*, которые свободно перемещаются по направляющим станины. Для предохранения сверл от поломки при возрастании крутящего момента вращение рабочего шкива передается шпинделю через фрикционную муфту *17*, диски которой сжимаются пружиной *18*, снабженной регулировочной гайкой *19*.

Устройство для переключения ремня с рабочего шкива на холостой при окончании сверления состоит из вилки *20* для перевода ремня, укрепленной на стержне *21*; пружины *22*, упирающейся одним концом в шайбу, сидящую на стержне *21*, а другим — в неподвижный кронштейн *23*; тяги *24*; рычага *25* с пружиной *26* и подвижного упора *27*. Тяга *24* соединяется со стержнем *21* при помощи сухарных выступов и может поворачиваться на некоторый угол, причем происходит расцепление со стержнем. Рычаг *25*, перемещающийся на шпонке по тяге под действием пружины *26* (другим концом укрепленной на супорте), стремится повернуть рычаг, чему мешает упор последнего в выступ на втулке *28* супорта. При движении супорта рычаг *25* встречает на своем пути закрепленный на тяге подвижный упор *27*, вследствие чего супорт будет продвигаться относительно рычага. При этом рычаг сходит с выступа на втулке *28* и, поворачиваясь под действием пружины *26*, поворачивает тягу, которая освобождает стержень *21*, отходящий под действием пружины *22* влево. Тогда вилка *20* переводит ремень с рабочего шкива на холостой.

Станок позволяет сверлить отверстия диаметром до 20 *мм* и длиной до 850 *мм* сверлами с наружным отводом стружки.

Насос — шестеренный, с наружным зацеплением. Количество подаваемой жидкости регулируют при помощи регулятора *28*.

Кинематическая схема станка представлена на фиг. 67.

Привод главного движения состоит (при индивидуальном моторе) из одной ременной передачи:

$$n_{\text{шпинд}} = n_{\text{мот}} \frac{D_{\text{м}}}{D_{\text{шпинд}}} \gamma,$$

где γ — коэфициент скольжения ремня.

Для изменения числа оборотов заменяют шкив на моторе.

Привод движения подачи состоит из двух червячных передач, гитары со сменными шестернями и ходового винта:

$$S_0 = \frac{1}{25} \frac{z_1}{z_3} \frac{2}{44} \frac{25,4}{4} \text{ мм/об},$$

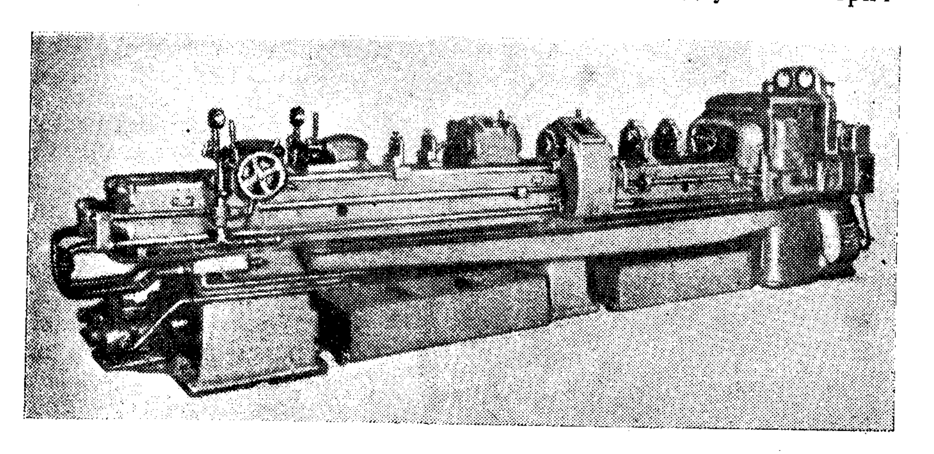
$$S_{\text{м}} = S_0 \cdot n_{\text{шпинд}} \text{ мм/мин}.$$

Подбирая сменные шестерни z_1, z_3 и паразитные шестерни z_2, устанавливают требуемую величину подачи.

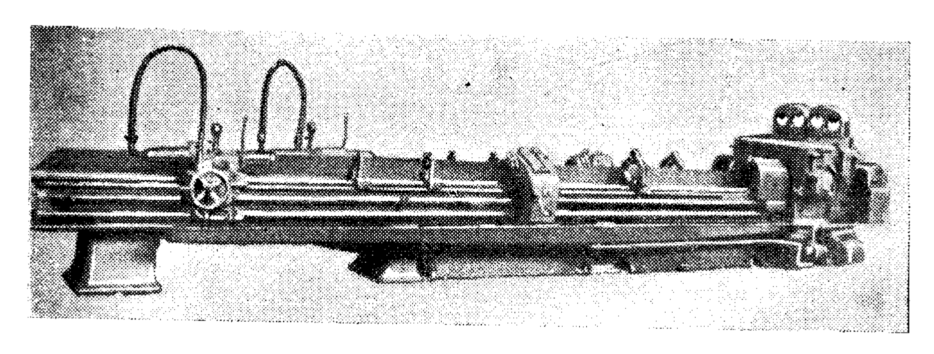
Двухшпиндельные горизонтально-сверлильные станки Фриц Вернер бывают различных моделей для сверления отверстий диаметром 6—20 *мм* и длиной 400—800—1200. Модель 1002ZB обеспечивает сверление отверстий длиной до 2000 *мм*.

В этих станках, как и в станках Пратт-Витней, ствольная заготовка вращается, а сверло, закрепленное в супорте, совершает движение подачи.

Станок модели 1002С для сверления отверстий диаметром до 14 *мм* и длиной до 1200 *мм* (фиг. 68) состоит из двух симметричных независимых половин. Шпиндель получает вращение от мотора трехфазного тока с регулируемым числом оборотов посредством трапецоидального ремня. Для регулировки натяжения ремня мотор, помещаемый под станиной, может опускаться или подниматься по направляющим. Установка числа оборотов мотора производится переключением пар полюсов, что обеспечивает три ступени: 750, 1500 и 3000 об/мин.



Фиг. 68. Горизонтально-сверлильный станок Фриц Вернер, модель 1002С.



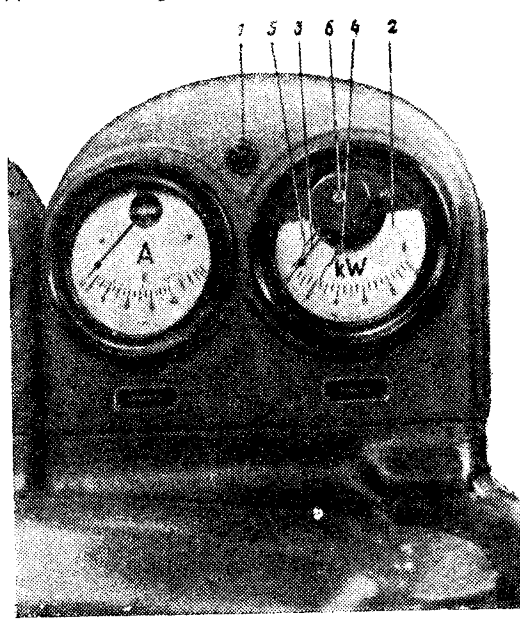
Фиг. 69. Горизонтально-сверлильный станок Фриц Вернер, модель 1002ZB.

Движение подачи, как и в станках Пратт-Витней, можно изменять посредством замены сменных шестерен на гитаре.

Предохранение сверл от перегрузки осуществляется фрикционной муфтой, сидящей на шпинделе. В станке широко использо-

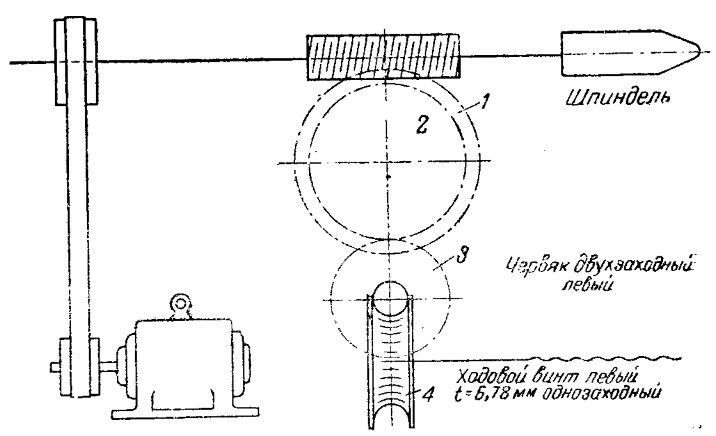
вано электрическое управление с сигнализацией. Для подачи жидкости станок снабжен лопастным насосом.

Станок модели 1002ZB для сверления отверстий диаметром до 20 *мм* (фиг. 69) имеет габаритные размеры 7000×2000×1800. Этот станок отличается от предыдущего еще более усовершенствованным электрооборудованием.



Фиг. 70. Аппаратура станка 1002ZB.

Для предохранения сверла от поломок при шпиндельном моторе имеется предохранительное устройство с максимальным и минимальным контактами. В случае перегрузки при сверлении шпиндельный мотор выключается и тормозится, причем загорается красная сигнальная лампочка *1* (фиг. 70). Регулировка предохранительного устройства производится с помощью счетчика действительной мощности *2*, который снабжен прямой, свободно качающейся стрелкой *3* и двумя изогнутыми стрелками *4* и *5*. Стрелка *3* указывает нагрузку мотора при сверлении, стрелка *4* служит для установки максимального контакта, а стрелка *5*—минимального. Стрелки *4* и *5* можно переставлять, вращая втулку *6*.



Фиг. 71. Кинематическая схема горизонтально-сверлильного станка завода им. Ленина.

Стволосверлильный станок завода им. Ленина в Одессе — двухшпиндельный горизонтально сверлильный. По принципу устройства и кинематической схеме (фиг. 71) он ничем не отличается от станка Пратт-Витней. Основные данные станка следующие: габариты 3700×1000×1100 *мм*, вес — 1700 *кг*, диаметр сверления 7—18 *мм*; высота центров 82 *мм*; наибольшая длина сверления 1000 *мм*.

Станок Шарман отличается от станка Пратт-Витней только кинематической схемой. Станок снабжен коробкой скоростей на 6 ступеней (504, 334 202, 124, 82, 50) и коробкой подач на 8 различных подач (0,15; 0,103; 0,07; 0,047; 0,032; 0,022; 0,014; 0,01).

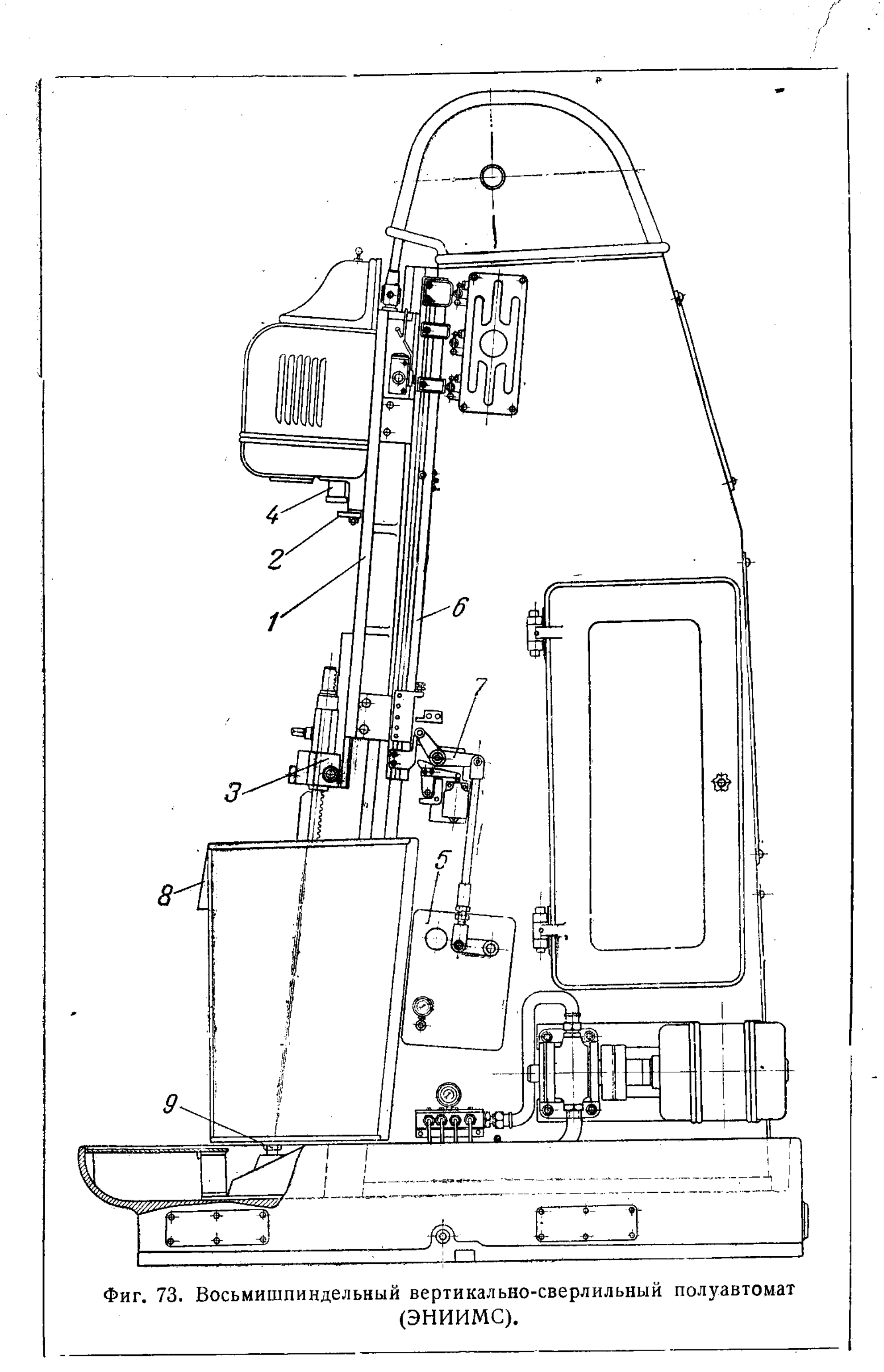
Станок допускает сверление отверстий диаметром до 20 *мм* и глубиной до 1500 *мм*.

Восьмишпиндельный вертикально-сверлильный полуавтомат (ЭНИИМС) для глубокого сверления (фиг. 72) является станком отечественной конструкции и изготовления. При испытании в работе этот станок показал большие эксплоатационные и технические преимущества по сравнению с простыми горизонтально-сверлильными станками.

Фиг. 72. Общий вид восьмишпиндельного вертикально-сверлильного полуавтомата (ЭНИИМС).

По направляющим станины станка (фиг. 73) перемещаются рабочие салазки *1*, в которых закрепляют ствольные заготовки. На станке имеется двое рабочих салазок, работающих независимо друг от друга и несущих по четыре шпинделя. Салазки несколько наклонены назад (под углом 5° к вертикали), что обеспечивает достаточную устойчивость заготовок ствола.

Заготовки зацентрованными казенными концами устанавливают в пустотелые центры, а дульными — в призматические вырезы планки *2*. Зажим заготовок в каждых салазках происходит одновременно. При перемещении ползуна *3* (через коническую передачу и винт) пустотелые центры, вращающиеся на шарикоподшипниках внутри втулок, смонтированных на ползуне, будут поднимать заготовки вверх. При этом дульные концы заготовок, попадая в патроны *4*, центруются ими и отходят от опор-



Фиг. 73. Восьмишпиндельный вертикально-сверлильный полуавтомат (ЭНИИМС).

ных поверхностей планки *2*. Втулки соединены друг с другом уравнителями давления, что обеспечивает равномерный зажим всех четырех заготовок.

Шпиндели, несущие патроны *4*, попарно приводятся в движение от моторов посредством текстропной передачи. Для натяжения ремней моторы расположены на качающихся плитах, снабженных пружинами. Движение подачи рабочих салазок осуществляется гидравлическим приводом, для чего рабочие салазки через проушину соединены со штоком гидравлического цилиндра. Масло нагнетается насосом из резервуара в гидравлическую панель *5*, которая распределяет поток масла в необходимых направлениях.

Переключение панели осуществляется упорами, укрепленными на планке *6*, которая перемещается с рабочими салазками посредством рычажной системы *7*. Станок снабжен дистанционным электрическим управлением с пульта *8*, смонтированного у рабочего места.

Сверла неподвижно закрепляются в цанговых патронах шпинделей *9* и при сверлении направляются пустотелыми центрами и дополнительно направляющими втулками, которые связаны с рабочими салазками таким образом, что всегда обеспечивают расположение сверла посредине свободной части.

Станок имеет специальные устройства, предохраняющие сверла от поломок.

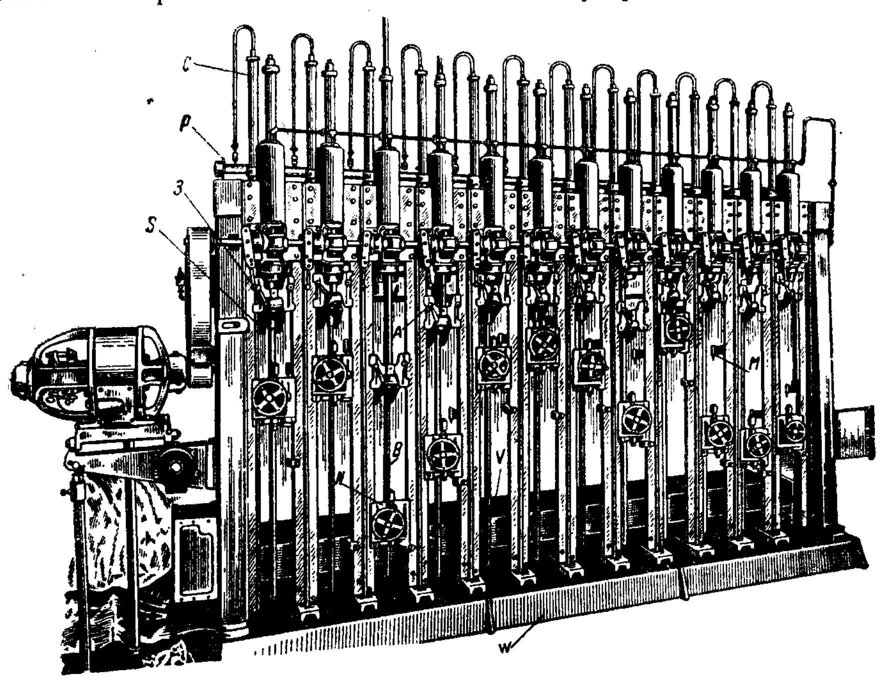
Практикой установлено, что допустимый крутящий момент для сверл диаметром 7 *мм* и длиною 1000 *мм* (данный станок предназначен только для этого диаметра) составляет примерно 0,35 *кгм*, а осевое усилие примерно 40 *кг*. Чтобы предохранить сверло от поломки при перегрузке по крутящему моменту, шпиндели *4* приводятся в движение через фрикционные муфты с дисками, сжимаемыми пружиной, усилие которой может быть легко отрегулировано. При пробуксовке фрикциона число оборотов шпинделя падает, вследствие чего срабатывает центробежное реле, закрепленное на шпинделе, и гидравлическая панель переключается на задний ход.

Для предохранения сверла от поломки при перегрузке по осевому усилию шпиндель *9* имеет свободное осевое перемещение в корпусе; при отжиме шпинделя вниз происходит сжатие пружины, отрегулированной на необходимое усилие. Это вызывает замыкание верхней пары контактов конечного выключателя, и панель гидравлической передачи переключается на обратный ход.

При действии любого из предохранителей сигнальная лампа на пульте управления показывает, на каком из шпинделей произошла перегрузка.

Необходимо отметить также двенадцатишпиндельные американские станки Бауш Машин Тул К° и восьмишпиндельные Джон Барнес. Станки Бауш Машин Тул К° (фиг. 74) изготовляли еще во время войны 1914—1918 гг. Основные данные станка следующие: диаметр сверления 7,6 *мм*, наибольшая длина отверстия 800 *мм*, число оборотов шпинделей 1000 об/мин, подача сверл 25 *мм/мин*, размеры станка 3,9×0,88×2,5 *м*, вес около 6 *т*.

Ствольные заготовки, закрепленные в пустотелых шпинделях, получают только вращательное (главное) движение. Нижние патроны являются направляющими; при помощи рукоятки *A* эти патроны могут быстро опускаться для смены заготовок. Шпиндели соединены с приводом кулачковой муфтой; для отключения любого из шпинделей служит рукоятка *3*. Сверла крепятся на салазках *N*, которые получают движение подачи от ходовых винтов *O*. В конце хода подачи салазок (соответственно длине сверления) маточная гайка размыкается упором *M*. Для предохранения от поломок сверл станок имеет специальные устройства.



Фиг. 74. Двенадцатишпиндельный вертикально-сверлильный станок Бауш Машин Тул Ко.

Более совершенным является восьмишпиндельный вертикально-сверлильный станок фирмы Джон Барнес.

В этом станке ствольная заготовка совершает как главное движение (от мотора), так и движение подачи (от гидравлического привода). Сверло неподвижно. Станок полуавтоматический с дистанционным электрическим управлением движения подачи.

§ 29. Смазывающе-охлаждающие жидкости для глубокого сверления

Смазывающе-охлаждающая жидкость должна: 1) вымывать стружку из отверстия; 2) охлаждать режущие кромки сверла; 3) уменьшать трение между цилиндрической поверхностью сверла и стенками отверстия; 4) предохранять поверхность сверла от

налипания к ней частиц металла; 5) уменьшать усилие резания при сверлении; 6) не вызывать коррозионного действия на металл изделия и станка; 7) не действовать вредно на здоровье рабочих; 8) быть дешевой и недефицитной.

Успех глубокого сверления во многом зависит от правильного выбора смазывающе-охлаждающей жидкости, а также от ее подачи. До 1933 г. в качестве смазывающе-охлаждающей жидкости, удовлетворяющей всем требованиям при сверлении стволов стрелкового оружия, употребляли растительное масло, однако его дороговизна и дефицитность потребовали изыскания заменителя.

Были испытаны эмульсии, мыльная вода, сжатый воздух, осерненное масло с 10%-ной растительной основой, осерненное масло с 5%-ной растительной основой и чистое минеральное масло. Результаты этих исследований привели к следующим выводам.

1. Эмульсии, как смазывающе-охлаждающие жидкости, могут быть применены для глубокого сверления стволов стрелкового оружия, но имеют ряд недостатков: а) производительность вследствие худшего вымывания стружки понижается до 30%, б) стоимость ремонта станков повышается на 10%, в) расход инструмента увеличивается на 20% и г) качество поверхности отверстия ухудшается.

2. Мыльная вода неприменима при глубоком сверлении стволов.

3. Сжатый воздух так же, как и эмульсии и мыльная вода, понижает производительность, увеличивает расход сверл, ухудшает качество поверхности отверстия; кроме того, приходится значительно переделывать трубопроводы как к станкам, так и на самих станках, вследствие чего применение сжатого воздуха признано нерациональным.

4. Жидкость, состоящая из 89—90% веретенного масла, 9—10% растительного масла и 1% серы, обеспечивает все требования, не уступая при этом чистым растительным маслам. Поэтому она была принята взамен чистого растительного масла.

5. Жидкость, состоящая из 94—95% веретенного масла, 3—5% растительного масла и 1,5% серы, обеспечивает тот же эффект, что и предыдущая.

6. Чистое минеральное масло понижает производительность (по сравнению с осерненными маслами на растительной основе), повышает расход сверл и ухудшает качество поверхности отверстия.

В настоящее время на всех отечественных оружейных заводах в качестве смазывающе-охлаждающей жидкости употребляют осерненные масла с 10 или 5% растительного масла.

Эффект от применения этой жидкости зависит от ее количества. Установлено, что давление жидкости не определяет нормального процесса сверления; необходимо задать еще расход жидкости.

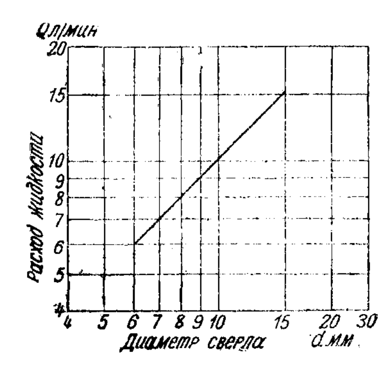
Зависимость между расходом жидкости *Q л/мин* и давлением *ce* в *ат* при температуре 45—50° при сверлении стволов калибром 7—12 *мм* определяется зависимостью.

$$Q = Cp.$$

Здесь необходимо иметь в виду температуру жидкости, с изменением которой изменяется и вязкость, оказывающая большое влияние на вымывание стружки. Зависимость между температурой жидкости и ее вязкостью для осерненного масла на 10%-ной растительной основе следующая:

$$B^\circ Э = \frac{2450}{T^{1,65}} \text{ град. Энглера.}$$

Поэтому определение расхода жидкости по известному давлению, которое обычно контролируют манометром, необходимо увязывать с температурой. Исследованиями установлен минимальный расход жидкости в зависимости от диаметра сверла, который при температуре ее в 50° можно определять по номограмме (фиг. 75).



Фиг. 75. Номограмма для определения количества жидкости.

Устанавливая режим подачи жидкости при других температурах, можно пользоваться зависимостью

$$Q = 0,18 \cdot 10^{-3} p d^2 T^{1,3},$$

где Q — расход жидкости в *л/мин*, определяемый по номограмме;
d — диаметр ружейного сверла с наружным отводом стружки;
p — давление жидкости в *ат* по манометру;
T — температура жидкости в градусах.

Эти режимы подачи жидкости обеспечивают наивысшую стойкость сверл. Поскольку при сверлении стволов малого калибра вследствие больших скоростей жидкостного потока происходит повышение температуры жидкости (иногда до 70°), то желательно применять искусственное ее охлаждение, в то время как перед началом сверления, наоборот, следует разогреть жидкость, прогоняя ее насосами вхолостую в течение 5 мин.

Невыполнение этих требований неизбежно приводит (при нормальной величине давления жидкости) к закупориванию отверстия стружкой, что вызывает увод сверла, понижение стойкости и образование порезов. При повышенном расходе жидкости порезы получаются вследствие резкого уменьшения вязкости жидкости, а при пониженном — из-за недостатка жидкости.

При глубоком сверлении стволов стрелкового оружия охлаждающе-смазывающая жидкость должна обеспечивать получение поверхности отверстия хорошего качества. Если посмотреть в канал ствола после глубокого сверления, то можно заметить грубые кольцевые порезы или по всей окружности или по части ее, периодически образующиеся по длине канала. Природа этих порезов полностью не изучена, хотя они оказывают большое влияние на технологический процесс изготовления ствола, заставляя увеличивать припуск на последующую обработку канала.

Исследования порезов канала ствола дают возможность заключить, что при нормальном процессе сверления величина порезов зависит исключительно от свойств смазывающе-охлаждающей жидкости.

Гидродинамическая теория смазки доказывает, что металлы, точно так же, как и жидкости, имеют свойство прилипать друг к другу в результате химического соединения активных молекул поверхностных групп металлов трущихся поверхностей.

Очевидно, что для уменьшения величины порезов необходимо обеспечить жидкостное трение между цилиндрической частью сверла и стенками канала ствола. Для этого необходимо, помимо правильной постановки операции, полностью устраняющей возможность закупоривания стружкой, подобрать жидкость, которая обладала бы достаточной вязкостью, чтобы проникать в зазоры между сверлом и каналом, а также достаточной маслянистостью, обеспечивающей образование на трущихся поверхностях прочной адсорбированной пленки.

Если вязкость отдельных жидкостей не изменяется с изменением сорта металла трущихся поверхностей, то маслянистость (исследования Дилея) меняется и в конечном счете представляет собою эффект, производимый данной жидкостью на данной металлической поверхности. Таким образом жидкости надлежит подбирать каждый раз для конкретных условий.

Наилучшей маслянистостью на стальных поверхностях обладает выжатое свиное сало (вязкость около 4° Энглера при 50°), испытанное на американских оружейных заводах.

Растительные масла отличаются также хорошей маслянистостью. Из гидродинамической теории смазки следует, что для хорошей маслянистости смешанной жидкости достаточно иметь 2—5% жидкости, отличающейся высокими качествами.

Применяемое при сверлении стволов на наших оружейных заводах осерненное масло на 10- или 5%-ной растительной основе, как показывает долголетний опыт, полностью удовлетворяет предъявляемым к нему требованиям в отношении качества поверхности канала.

Таким образом, помимо полного устранения при сверлении закупоривания стружки, которое влияет на стойкость и на величину увода сверла, для уменьшения величин порезов необходимо стремиться так затачивать сверла, чтобы устранить возможность появления равнодействующей силы, отжимающей сверло в сторону упорной фаски, а у сверл малого диаметра — в сторону затылочной части. При невыполнении этих условий будет происходить разрыв адсорбированной пленки и, как следствие сухого или полусухого трения, «налипание» частиц металла ствола на поверхности сверла, которое и приводит к порезам.

С этой точки зрения расположение вершины сверла на расстоянии $^1/_4 d$ от оси (существующие стандарты) полностью оправдывается.

§ 30. Режимы резания при глубоком сверлении стволов стрелкового оружия

Одной из основных задач обработки металлов снятием стружки является правильный выбор режимов резания, обеспечивающих кратчайшее время обработки. Обычно при глубоком сверлении отверстий малого диаметра станок не ограничивает режима резания.

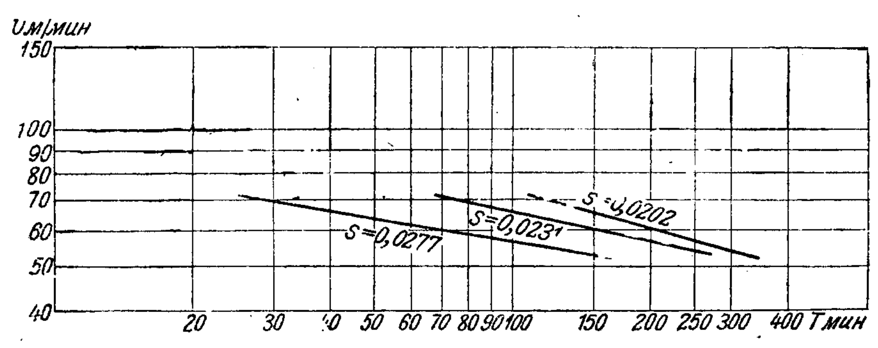
Скорость резания и подача при одной и той же стойкости инструмента различно влияют на производительность.

Зависимость между скоростью резания v *м/мин,* стойкостью T мин. и подачей S *мм,* обычно выражают формулой

$$v = \frac{C}{T^m S^y},$$

где y обычно меньше единицы.

Во всех случаях обработки, особенно при черновых проходах, к которым относится операция глубокого сверления, для достижения наивысшей производительности необходимо первоначально назначать максимально возможную подачу. Выбор такой подачи может ограничиваться различными факторами: прочностью инструмента, станка, обрабатываемого изделия, качеством поверхности и др. Исходя из выбранной стойкости (обычно экономической), определяют скорость резания.



Фиг. 76. Зависимости $v = f\ (T)$ для сверл диаметром 7,05 *мм.*

Отсутствие подобных зависимостей для ружейных сверл, а также специфичность операции глубокого сверления приводили к назначению заниженных режимов резания главным образом по подаче.

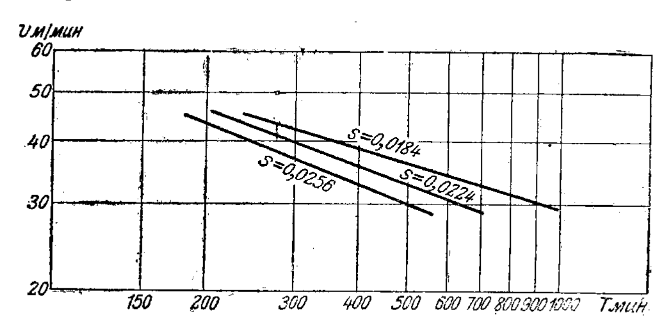
Для ориентировки и предварительного определения режимов резания ниже приведены следующие зависимости.

На фиг. 76 изображены зависимости $v=f(T)$ и $v=f(S)$ для сверл диаметром 7,05 *мм,* рабочая часть которых изготовлена из быстрорежущей стали РФ-1 при сверлении стволов из стали 50А ствольной.

Для исследованных пределов общая зависимость $v=f\ (T,\ S)$ может быть выражена упрощенно формулой

$$v = \frac{C_v}{T^{0,25} S^{0,8}}.$$

На фиг. 77 представлена зависимость $v=f(T)$ и $v=f(S)$ для ружейных сверл диаметром 11,55 *мм,* рабочая часть которых изготовлена из быстрорежущей стали РФ-1 при сверлении стволов из стали марки 0392.



Фиг. 77. Зависимости $v = f\ (T)$ для сверл диаметром 11,55 *мм.*

Математически зависимость $v=f\ (T,\ S)$ можно выразить формулой[1].

$$v = \frac{C_v}{T^{0,35} S^{0,33}}.$$

Подобная зависимость получена и для сверл диаметром 18 *мм.*

Таким образом из приведенных формул следует, что и при глубоком сверлении стволов стрелкового оружия при назначении рациональных режимов резания необходимо исходить из определения максимально возможной подачи. Факторами, ограничивающими величину подачи, являются: 1) нормальное вымывание стружки, 2) отсутствие увода сверла и 3) получение поверхности хорошего качества.

Однако перечисленные факторы неразрывно связаны друг с другом и определяются (при прочих равных условиях) условиями вымывания стружки.

Нормальный процесс вымывания стружки зависит от давления и расхода смазывающе-охлаждающей жидкости, вида образующейся стружки, величины подачи, свойств материала изделия, состояния поверхности и площади сечения жолоба сверла для отвода стружки.

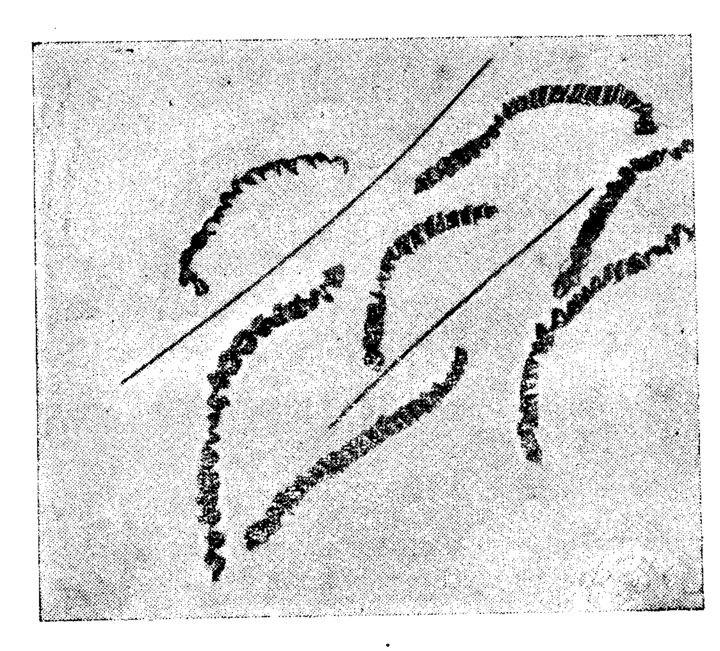
Последний фактор определяется конструкцией сверла и зависит от его диаметра.

Ружейные сверла, являясь сверлами одностороннего резания, имеют то большое преимущество, что они работают более спо-

[1] Критерием затупления для сверл диаметром 11,55 *мм* и 7,05 *мм* служил износ задней грани у кромки $\mu_a = 0,35$ *мм.*

6 Зак. 55.

койно, чем многокромочные, так как у них отсутствует нулевая скорость резания. Следовательно, если учесть еще высокие смазывающие способности осерненного масла, применяемого при сверлении, то при резании такими сверлами сталей будет образовываться главным образом сливная стружка. Чтобы обеспечить нормальное вымывание стружки при сверлении отверстий большого диаметра, где трудно создать большое давление, желательно, чтобы стружка была мелкая, короткая, хрупкая. Этого достигают путем применения стружколомов.



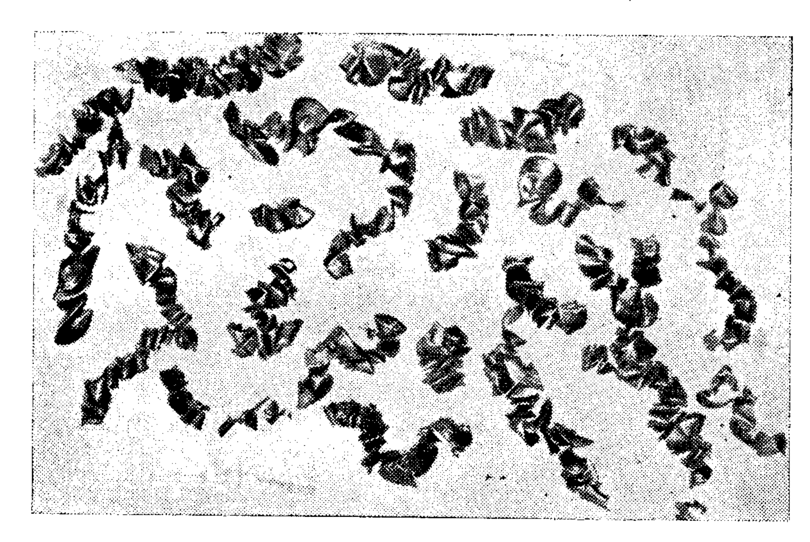
Фиг. 78. Длинная гофрированная стружка.

Наоборот, при сверлении отверстий малого диаметра получение такой стружки нежелательно. В этом случае наивыгоднейшим видом стружки является длинная гофрированная лента (фиг. 78), которая, направляясь в жолобе сверла, создает наилучшие условия для ее вымывания.

С увеличением подачи прочность стружки возрастает. Поэтому при некоторой величине подачи давление смазывающе-охлаждающей жидкости оказывается недостаточным, чтобы стружку, сходящую по передней грани, направить по жолобу сверла. Вследствие этого происходит периодическое или систематическое закупоривание отверстия стружкой, происходящее вследствие спрессовывания стружки непосредственно на передней грани сверла. Подобная стружка (фиг. 79) получена при сверлении стволов винтовки с подачей $S=0{,}356$ *мм/об*. Очевидно, аналогичное влияние на вымывание стружки будут оказывать свойства материала стволов. Следовательно, величина наибольшей допустимой подачи при условии нормального вымывания стружки будет зависеть от диаметра сверла и свойств материала ствола, причем жидкостный режим должен быть наивыгоднейшим.

Наибольшей допустимой подачей при глубоком сверлении сверлом 7,05 *мм* стволов из стали 50А ствольная и сверлом 11,55 *мм* стволов из стали марки 0392 является $S=0{,}26$ *мм/об* *.

На практике в настоящее время при сверлении стволов стрелкового оружия применяют $S=0{,}0184 - 0{,}026$ *мм/об.*



Фиг. 79. Спрессованная стружка.

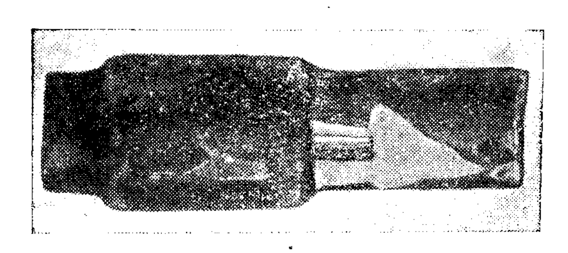
Скорость резания назначают на основании приведенных формул в зависимости главным образом от величины подачи, заданной стойкости, свойств материала сверла и ствола, геометрии сверла, диаметра сверла, свойств и режимов подачи смазывающе-охлаждающей жидкости. Обычно при сверлении стволов стрелкового оружия сверлами из быстрорежущей стали РФ-1 скорости резания находятся в пределах 35—65 *м/мин.* При работе сверлами с пластинами из твердых сплавов скорость резания повышается примерно на 10% (дальнейшее увеличение скорости резания обычно лимитирует станок), а стойкость сверл — в 2—3 раза.

§ 31. Анализ основных факторов, влияющих на увод сверла

Причины увода сверла, его величина и мероприятия для его устранения или уменьшения имеют серьезнейшее значение для правильной разработки технологических процессов изготовления

* Изменение свойств и режима смазывающе-охлаждающей жидкости, безусловно, даст возможность увеличить значение подачи, установленное выше, для указанных операций.

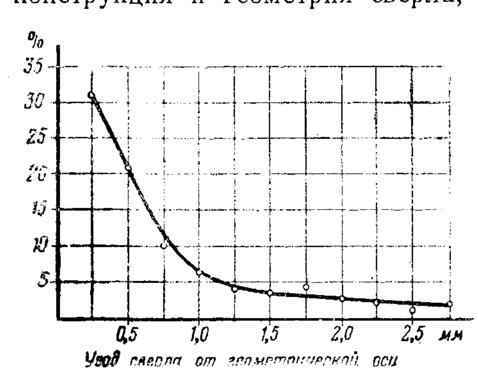
стволов и ствольных заготовок, а в особенности для стволов калибра 7,62 *мм*. Практика показывает, что при сверлении этих стволов величина увода сверла может достигать 8—10 *мм* с выходом сверла в отдельных случаях в боковую стенку (фиг. 80). На фиг. 81 показан график частоты различных величин увода сверла диаметром 7,05 *мм* при сверлении канала длиной 760 *мм*.



Фиг. 80. Увод сверла.

Величину размеров заготовки, как указано выше, назначают в зависимости от величины увода сверла. В некоторых случаях, особенно при массовом производстве, исходя из чисто экономических соображений, величину припуска определяют, рассчитывая не на максимальный увод, а на меньшую, но более вероятную, его величину. Примером могут служить стволы 7,62-*мм* винтовок, где при расчете размеров заготовок принят увод в 2,5 *мм*. Поэтому стволы с уводом более 2,5 *мм* будут переходить в брак.

На увод сверла в основном влияют станок, заготовка ствола, конструкция и геометрия сверла, режим резания, режим охлаждения и обслуживание станка.



Фиг. 81. Частота увода сверла.

Влияние станка. Станок оказывает влияние на увод сверла в зависимости от характера движений, придаваемых сверлу и ствольной заготовке. Кроме того, влияет также состояние станка, главным образом биение его шпинделя и непараллельность линии центров станка с направляющими станины.

Сверление деталей длиною 760 *мм* ружейными сверлами диаметром 7,05 *мм*[1] на различных станках, данные о состоянии которых приведены в табл. 19, при всех прочих равных условиях показывает безусловное влияние состояния станка на увод (фиг. 82), хотя величина среднего увода, который принимают для приближенного сравнения за характеристику состояния операции глубокого сверления, не дает резкого различия.

Наблюдение за состоянием станков и их тщательная отладка являются непременным условием борьбы за уменьшение величины увода сверл.

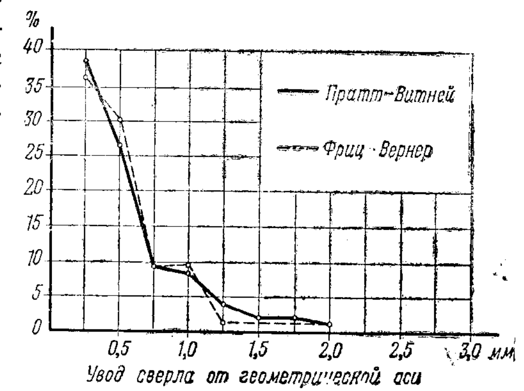
[1] В дальнейшем все данные будут относиться к этим деталям.

Таблица 19

Состояние станка в *мм*	Пратт-Витней		Фриц Вернер	
	1-й шпиндель	2-й шпиндель	1-й шпиндель	2-й шпиндель
Радиальное битье шпинделя	0,13—0,15	0,19—0,20	0,03	0,02
Осевое перемещение шпинделя	2,4	0,7—0,9	0,02	0,02
Радиальное битье звездочки	0,28—0,25	0,15—0,2	0,05	0,06
Совпадение центров:				
1) в вертикальной плоскости	1,65	0,5	0,05	0,06
2) в горизонтальной плоскости	0,38	0,5	0,02	0,03

Влияние заготовки ствола. Увод сверла зависит от следующих причин: недостаточной правки заготовки, заусенца на дульном конце, формы центрового отверстия на казенном торце и твердости материала ствола.

Недостаточно выправленные перед сверлением стволы увеличивают биение шпинделя, вызывая разладку станка, отчего увеличивается увод и понижается стойкость сверла, а также увеличивается перерезание волокон металла.



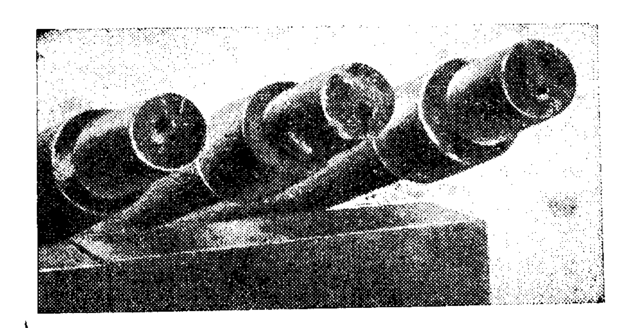
Фиг. 82. Частота увода сверла.

У заготовок, полученных ковкой или высадкой, на дульном конце образуется заусенец (фиг. 83). Величина увода сверла зависит в известной мере от правильности закрепления дульного конца. Однако исследования показали, что закрепление дульного конца в «звездочке» (фиг. 84), даже при наличии заусенца, обеспечивает достаточно правильное положение ствола. Вместе с тем при подрезании дульного торца условия установки дульного конца могут улучшаться, в то время как геометрия зацентровки существенно влияет на сообщение правильного направления сверлу в начале резания.

Рассмотрим форму зацентровки (фиг. 85). При подводе сверла к стволу первоначально начнет резать лишь режущая кромка b_1, вследствие чего составляющая усилия резания P будет стремиться отжать сверло в сторону, отчего сверло будет итти неправиль-

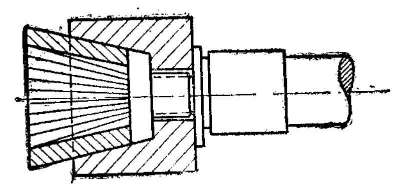
но (зазор сверла в пустотелом центре достигает 0,5 *мм* и более). Кроме того, такая зацентровка понижает стойкость сверл.

Если зацентровка имеет форму, показанную на фиг. 86, то при подводе сверла оно начинает работать сначала вершиной, а затем равномерно кромками b_1 и b_2.



Фиг. 83. Заусенцы на заготовках.

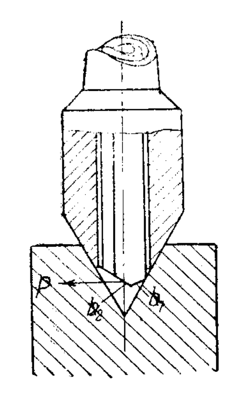
Наилучшая форма зацентровки, обеспечивающая надежное направление сверла в первый момент его работы, показана на фиг. 87.



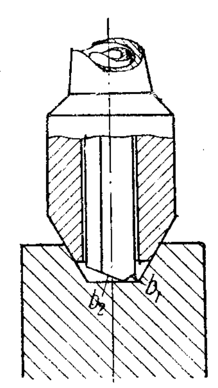
Фиг. 84. Звездочка для закрепления дульного конца.

Рассматривая влияние твердости материала заготовки на увод сверла, необходимо различать влияние неравномерной твердости по длине ствола и по сечению, а также влияние степени твердости.

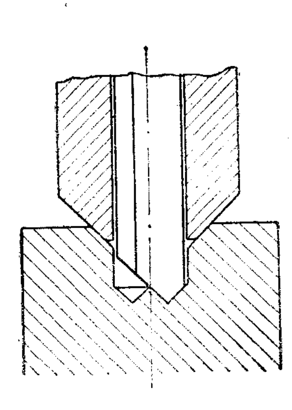
Влияние неравномерной твердости по длине и по сечению ствола на увод объясняется неравенством составляющих усилия резания на кромках b_1 и b_2, вследствие чего сверло будет отжиматься в сторону калибрующей кромки к более мягким участкам.



Фиг. 85.



Фиг. 86.



Фиг. 87.

При сверлении стволов различной твердости, не выходящей за пределы допуска на твердость по длине и сечению заготовки, сверло уводит больше при сверлении более мягких стволов, так как колебание усилия, определяемого по формуле

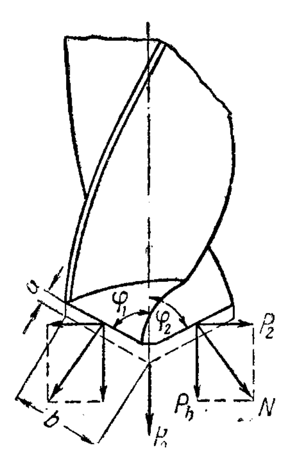
$$P = C\sqrt[2,2]{H_B}$$

в этом случае будет большим.

Это является одной из причин, объясняющей стремление перейти к сверлению термообработанных стволов [1].

Влияние конструкции и геометрии сверла. Рассмотрим сверление многокромочными сверлами (спиральное сверло). Для сохранения сверлом (фиг. 88) полученного им вначале правильного направления необходимо, чтобы горизонтальные составляющие усилия подачи, приложенные к главным режущим кромкам, были равны, т. е.

$$P_{1\,г} = P_{2\,г}.$$



Фиг. 88. Составляющие силы подачи.

Нарушение этого условия приведет к возникновению равнодействующей силы, отклоняющей сверло в сторону одной из калибрующих кромок. Вследствие этого вначале будет происходить разрабатывание отверстия, а затем увод сверла от оси ствола.

По данным Гипромаша при работе спиральными сверлами усилие подачи можно определять по формуле

$$P_0 = C_p d^{x_p} S^{y_p}$$

или, более упрощенно,

$$P_0 = C_p d S^{0,78},$$

где C_p — постоянный коэфициент, зависящий от свойств обрабатываемого металла;

S — подача, *мм/об*;

d — диаметр сверла, *мм*.

Каждая кромка должна снимать стружку одинакового сечения, определяемого формулой

$$f = \frac{d}{2}\,\frac{S}{2}$$

---

[1] По имеющимся литературным данным многие европейские и американские заводы сверлят термообработанные стволы (включая и стволы из углеродистых сталей).

Усилия подачи, приходящиеся на каждую главную кромку, будут:

$$P_1 = C\left(\frac{d}{2}\right)^{x_p}\left(\frac{S}{2}\right)^{y_p};$$

$$P_2 = C\left(\frac{d}{2}\right)^{x_p}\left(\frac{S}{2}\right)^{y_p}.$$

Из этих формул можно заключить, что $P_1 = P_2$. Однако в действительности $P_1 \neq P_2$; в этом заключается недостаток приведенных формул.

Теория резания металлов устанавливает, что влияние толщины и ширины стружки на усилие резания различно.

Преобразуем приведенные формулы в формулы третьего приближения:

$$P = \varphi(a, b),$$

где a — толщина стружки;

b — ширина стружки.

В этом случае

$$\frac{d}{2} = b \sin \varphi$$

и

$$\frac{S}{2} = \frac{a}{\sin \varphi}.$$

Тогда

$$P = Cb^{x_p} (\sin \varphi)^{x_p} \cdot \frac{a^{y_p}}{(\sin \varphi)^{y_p}}$$

или, применительно к каждой режущей кромке,

$$P_1 = Ca^{y_p} b^{x_p} \sin^{x_p - y_p} \varphi_1$$

и

$$P_2 = Ca^{y_p} b^{x_p} \sin^{x_p - y_p} \varphi_2.$$

Упрощая эти формулы введением значений x_p и y_p, которые весьма незначительно изменяются с изменением свойств обрабатываемого изделия, имеем

$$P_1 = Ca^{0,78} b \sin^{0,22} \varphi_1$$

и

$$P_2 = Ca^{0,78} b \sin^{0,22} \varphi_2.$$

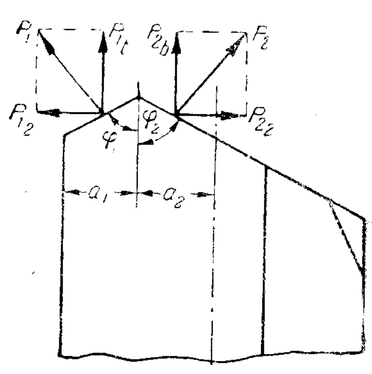
Горизонтальные составляющие усилия подачи на каждой режущей кромке будут

$$P_{1\,г} = P_1 \operatorname{ctg} \varphi_1,$$
$$P_{2\,г} = P_2 \operatorname{ctg} \varphi_2.$$

Из этих формул следует, что горизонтальные составляющие $P_{1г}$ и $P_{2г}$ будут равны только в том случае, когда равны углы при вершине у режущих кромок.

На практике достигнуть абсолютного равенства углов при вершине у режущих кромок невозможно. Поэтому при работе многокромочными сверлами, как правило, будет получаться увод сверла. В этом основной недостаток многокромочных сверл как инструмента для глубокого сверления.

Конструкция ружейного сверла лучше обеспечивает от увода. Прежде всего ружейное сверло более надежно направляется. Первым и наиболее надежным направлением является нулевой или центральный стержень, который устраняет нулевую скорость резания. Благодаря этому усилие подачи в сверлах одностороннего резания будет значительно меньше, чем в многокромочных сверлах, где усилие подачи на 40% состоит из усилия, созданного перемычкой.



Фиг. 89. Усилия подачи для ружейного сверла.

Вторым направлением ружейного сверла является наличие упорных и направляющих фасок, которые не являются калибрующими.

Третьим направлением, хотя и менее надежным, является образованный при вершине сверла конус.

Рассмотрим сверление ружейными сверлами. В отличие от многокромочных сверл для сохранения полученного в начале сверления направления необходимо, чтобы горизонтальные составляющие усилия подачи, приложенные к кромкам A и B, не были равны (фиг. 89), т. е.

$$P_{1\,г} \geqslant P_{2\,г}.$$

Допустим, что равнодействующая составляющих $P_{1г}$ и $P_{2г}$ усилия подачи приложена к кромке A. Тогда сверло будет отжиматься в сторону упорной фаски (не являющейся калибрующей), а в сверлах малого диаметра — к затыльной поверхности сверла и сохранит свое направление. Если равнодействующая усилий $P_{1г}$ и $P_{2г}$ приложена к кромке B, то сверло отжимается в сторону калибрующей кромки, которая начнет снимать стружку. Вследствие этого, как и при многокромочных сверлах, сначала будет происходить разрабатывание отверстия, а затем увод сверла от оси ствола.

Каждая кромка, в зависимости от положения вершины сверла, будет снимать, вообще говоря, неравное сечение стружки:

$$f_1 = a_1 S,$$
$$f_2 = a_2 S.$$

Исходя из первого приближения, имеем

$$P_1 = K_1 f_1 = K_1 a_1 S,$$
$$P_2 = K_2 f_2 = K_2 a_2 S,$$

где K_1 и K_2 — удельные давления на кромках A и B;
S — подача *мм/об.*

Необходимо иметь в виду, что при $a_1 = a_2$ и $\varphi_1 = \varphi_2$ имеет место неравенство $P_1 < P_2$, вследствие того что $K_1 < K_2$.

С уменьшением скорости резания усилие резания повышается (хотя и незначительно).

Для ружейных сверл скорости резания на кромках A и B различны, а именно

$$v_{A\ \text{ср}} = \frac{3}{4} v_{\max},$$

$$v_{B\ \text{ср}} = \frac{1}{4} v_{\max}.$$

Вследствие этого $K_1 < K_2$.

Таким образом, чтобы соблюсти условие $P_{1\text{г}} \geqslant P_{2\text{г}}$, где

$$P_{1\,\text{г}} = P_1 \operatorname{ctg} \varphi_1$$

и

$$P_{2\,\text{г}} = P_2 \operatorname{ctg} \varphi_2,$$

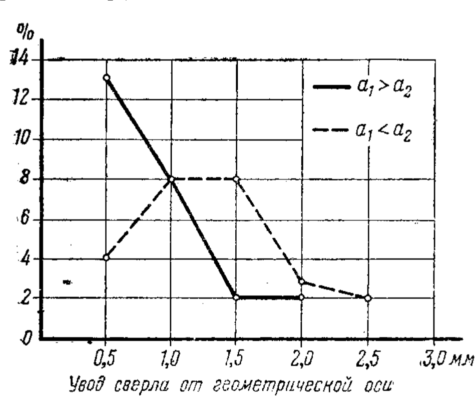
необходимо

$$a_1 > a_2 \quad \text{и} \quad \varphi_1 < \varphi_2.$$

Это основное условие нормальной (в отношении увода сверла) работы ружейных сверл полностью подтверждается на практике.

С увеличением углов при вершине сверла уменьшаются составляющие $P_{1\text{г}}$ и $P_{2\text{г}}$, что уменьшает увод сверла, а также увеличивает стойкость сверла.

В качестве иллюстрации к сказанному на фиг. 90 приведен график частоты различных величин увода сверла для ружейных сверл при $a_1 > a_2$ и $a_1 < a_2$.



Фиг. 90. Частота увода сверл.

Влияние режимов резания. Увод сверла может зависеть от изменения усилия резания и условий вымывания стружки.

Скорость резания в применяемых при глубоком сверлении режимах на увод сверла практически не влияет.

Так, сверление глубоких отверстий сверлами диаметром 7 *мм* со скоростью 2000—3000 об/мин. не показало каких-либо различий в уводе сверла.

Подача, в отличие от скорости резания, оказывает влияние на увод сверла. С изменением подачи меняется усилие резания, вследствие чего изменяются и их горизонтальные составляющие.

Другим более важным моментом является изменение условий вымывания стружки, что уже подробно рассмотрено выше.

Глава VI

РАЗВЕРТЫВАНИЕ КАНАЛОВ СТВОЛОВ СТРЕЛКОВОГО ОРУЖИЯ

§ 32. Общая характеристика операций по развертыванию каналов стволов

Развертывание каналов стволов стрелкового оружия в существующей постановке операций стали применять сравнительно недавно (1934 г.). До этого одной из операций, следующих за глубоким сверлением и подготовляющей поверхность канала ствола к образованию нарезов (причем снимали сравнительно большую часть припуска) была так называемая гладкая строжка поверхности канала при помощи режущего инструмента — шпаллера.

Эта операция была не только малопроизводительной, но и отнимала исключительно много времени, почему для ее выполнения требовалось значительное количество специального оборудования, занимающего большую площадь.

Введение развертывания каналов стволов представляло шаг вперед и дало определенный экономический эффект.

Развертыванием каналов стволов устраняют неизбежные дефекты глубокого сверления, снимают большую часть припуска металла перед нарезанием и придают поверхности канала необходимую точность и чистоту. Величина припуска, оставляемого после сверления, для стволов стрелкового оружия составляет обычно 0,5—0,7 *мм* на диаметр и в известной мере зависит от глубины порезов и исправления оси канала, получающихся при сверлении. При изготовлении стволов пулемета Брен величина припуска после сверления под развертывание установлена около 0,4 *мм*.

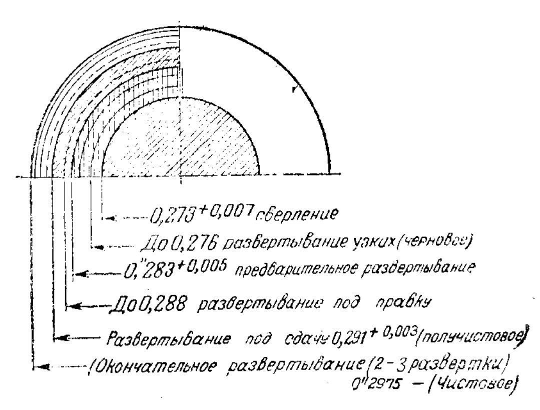
Естественно, припуск такой величины при условии получения точного и качественного отверстия нельзя снять одной разверткой. Поэтому применяют последовательно черновое, получистовое и чистовое развертывание, пользуясь для этого развертками различных размеров.

Общая схема развертывания каналов стволов калибра 7,62 *мм* и каналов стволов пулемета Брен представлена на фиг. 91 и 92, а величины припусков и допусков приведены в табл. 20.

Величина оставляемого для каждого последующего развертывания припуска постепенно уменьшается, уменьшается также с каждым последующим развертыванием и величина допуска; тем

самым достигают точности размеров и высокой чистоты поверхности канала.

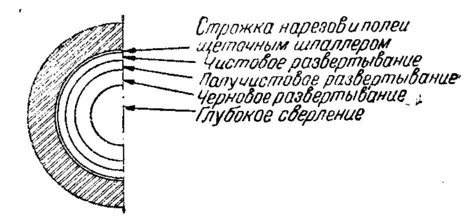
Припуски и допуски для стволов пулемета Брен меньше, чем для стволов калибра 7,62 *мм* нашего оружия. Это можно объяснить лучшей постановкой операций сверления вследствие получения окончательно термически обработанных (закалка и отпуск) заготовок.



Фиг. 91. Схема развертывания канала ствола винтовки.

Наряду с указанными основными операциями развертывания на практике применяют промежуточное развертывание, подвергая ему не все стволы, а определенный процент их. При проведении этих операций устраняют исправимые дефекты поверхности канала, полученные при предшествующих операциях, подготовляя таким образом канал ствола к лучшему выполнению основной операции развертывания. Например после глубокого сверления иногда получаются «узкие» каналы, т. е. такие, в которых проходной калибр не проходит. Это вызывается износом рабочей части сверла или неправильной его шлифовкой, увеличивающей конусность колоска. В этом случае, чтобы устранить перегрузку развертки при черновом развертывании, все стволы с «узкими» каналами дополнительно развертывают, причем рабочие размеры развертки меньше, чем при черновом развертывании; эту операцию называют развертыванием «узких» стволов.

Введение указанных основных операций в технологическом процессе производства стволов объясняется и рядом других весьма важных соображений, которые становятся очевидными при определении места каждой из этих операций в технологическом цикле. Так, при изготовлении стволов калибра 7,62 *мм* операция чернового развертывания каналов следует непосредственно за глубоким сверлением, после чего стволы правят, обтачивают снаружи и термически обрабатывают. Получистовое развертывание следует непосредственно за термообработкой стволов, после чего снова правят стволы и в отдельных образцах оружия стволы проходят ряд операций наружного обтачивания. Чистовое развертывание предшествует подготовительным операциям перед образованием нарезов.



Фиг. 92. Схема обработки канала ствола.

Таблица 20

Наименование операции	Соотношение припусков и допусков в *мм*	
	стволы 7,62-*мм*	стволы пулемета Брен 7,71-*мм*
Общий припуск после сверления и допуск при сверлении	$\frac{0,63}{0,12}$	$\frac{0,37}{0,075}$
Припуск под черновое развертывание и допуск для него	$\frac{0,254}{0,127}$	$\frac{0,2}{0,075}$
Припуск и допуск для получистового развертывания	$\frac{0,203}{0,076}$	$\frac{0,15}{0,05}$
Припуск и допуск для чистового развертывания	$\frac{0,173^{1}}{0,038}$	$\frac{0,02}{0,025}$

Такая последовательность операций развертывания неслучайна: при наружном обтачивании ствола или отдельных его элементов, чтобы наружная поверхность была концентрична каналу, в качестве базы принимают поверхность канала ствола. Получение концентричной относительно канала ствола наружной поверхности зависит от прямизны канала и точности его размеров. Поэтому, естественно, прежде чем производить наружную обработку ствола, следует его выправить. Правка стволов в нашем производстве основывается на теневом методе определения их кривизны, о чем подробно указано ниже. Теневое отражение и очертания тени зависят от состояния поверхности канала ствола. Так как после глубокого сверления поверхность канала ствола получается грубой, с гребешками относительно больших размеров и надирами, то трудно и даже невозможно по характеру тени определить место и величину изгиба ствола. Следовательно, прежде чем править ствол, необходимо придать поверхности канала требуемую для нормального отражения тени чистоту. Этого достигают путем предварительного чернового развертывания. Кроме того, это дает возможность лучше выявить дефекты металла и отбраковать негодные стволы.

При термической обработке и использовании канала ствола в качестве базы может получиться некоторое нарушение состояния его поверхности и искривление ствола вследствие возможной поводки. Поэтому, прежде чем переходить к последующим операциям, следует ствол выправить, а перед этим следует развернуть канал.

В подобных случаях нецелесообразно все три операции соединять в одну и получать окончательно обработанную поверхность канала до термообработки и наружного обтачивания.

Развертывание каналов стволов более крупного калибра несколько отличается, как это указано ниже.

[1] Припуск снимается несколькими развертками при последовательном уменьшении снимаемого слоя и уменьшении величины допуска.

При изготовлении стволов пулемета Брен на английских заводах чистовое развертывание производят после наружного обтачивания ствола.

Развертывание каналов стволов стрелкового оружия, так же как и сверление, является «глубоким» развертыванием, которое по сравнению с подобными же операциями общего машиностроения имеет ряд особенностей как в конструкции станков, так и режущего инструмента, а также условий обработки. Для достижения возможно большей производительности и получения чистого и точного канала особое внимание обращают на отвод стружки и на строгое совпадение осей развертки и изделия. Ненормальный отвод стружки неизбежно приводит к ухудшению качества поверхности, к уменьшению стойкости инструмента и понижению производительности.

Чтобы обеспечить нормальный отвод стружки из глубокого отверстия при непрерывном процессе развертывания, необходимо снабжать станки добавочными агрегатами и приспособлениями для подвода смазывающе-охлаждающей жидкости под определенным давлением, а с другой стороны, применять режущий инструмент в таком конструктивном оформлении, при котором выталкивание стружки жидкостью из канала становится наиболее благоприятным. Этими соображениями определяются устройство разверток и способы развертывания.

§ 33. Конструкции разверток, применяемых для развертывания каналов стволов

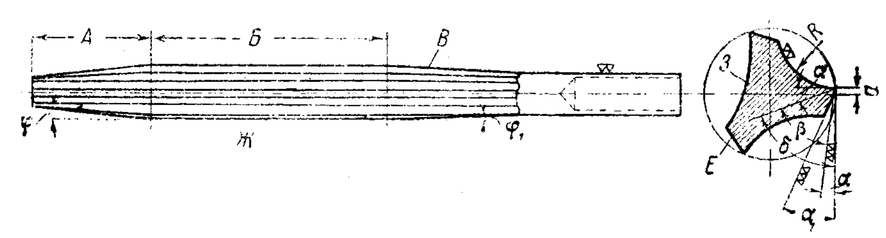
Оружейные развертки должны удовлетворять следующим основным требованиям:

1. Обеспечивать получение поверхности канала требуемой чистоты и точности при максимальной производительности и достаточной стойкости.
2. Давать возможность подводить смазывающе-охлаждающую жидкость.
3. Обеспечивать возможность «помещения» стружки между зубьями развертки и хорошее вымывание стружки смазывающе-охлаждающей жидкостью.
4. Хорошо направляться во время развертывания.
5. Быть простыми в изготовлении и эксплоатации.

Основными элементами развертки (фиг. 93) являются:

А — заборная часть развертки или заходный конус. В процессе развертывания резание металла производится заборной частью;
Б — направляющая или калибрующая часть;
В — задний конус;
Е — зуб;
Ж — лезвие;
З — жолоб;
γ — передний угол зуба;
α — задний угол зуба;
δ — угол резания;
β — угол заострения зуба;
α_1 — угол по затылку зуба;
а — фаска для заточки;
φ — угол заборного конуса;
φ_1 — угол заднего конуса.

Строго установившихся типов конструкций оружейных разверток, как например ружейное сверло, нет. В практике ружейные развертки различают по числу зубьев, конструкции и геометрии режущей части, по конструкции цевки и способу соединения ее с разверткой.



Фиг. 93. Элементы развертки.

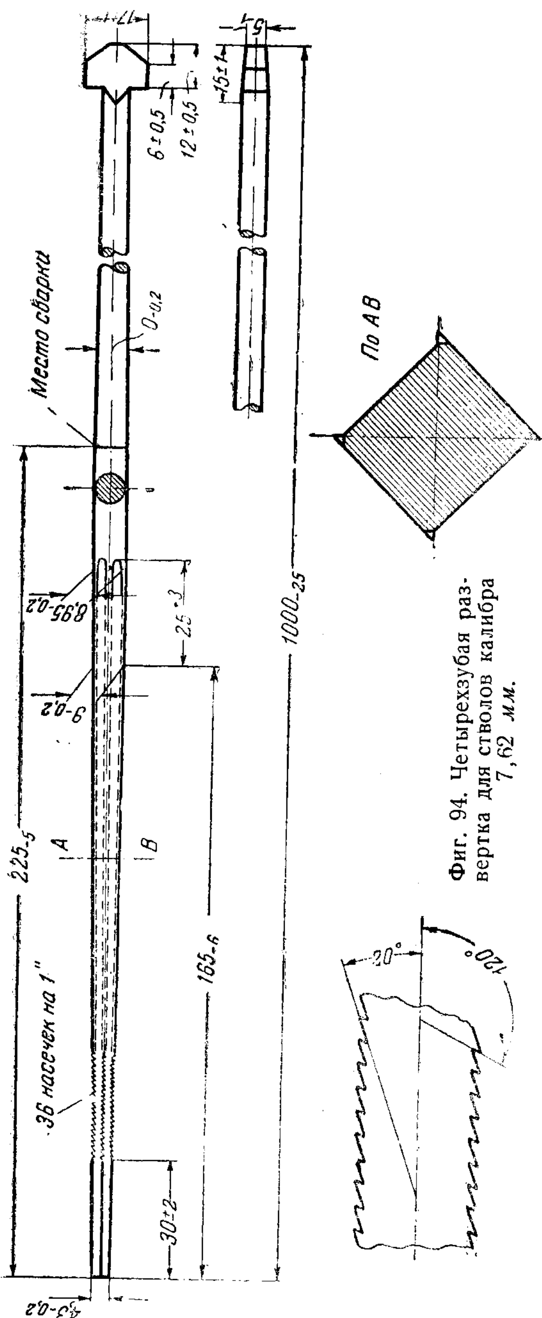
Наиболее широкое применение получили оружейные развертки трех-, четырех- (фиг. 94) и пятизубые (фиг. 95). Следует указать, что четырехзубыми развертками пользуются только на отдельных заводах и преимущественно при выполнении ремонтных операций. Исходя из этого, следует считать, что для развертывания каналов стволов в основном применяют трех- и пятизубые развертки. Наибольшее распространение из них имеет трехзубая развертка. В практике иностранных заводов (Англия, США) трехзубую развертку применяют, как правило, на первых двух операциях, т. е. для чернового и получистового развертывания; на наших заводах ею пользуются и при чистовом развертывании.

Конструкция трехзубой развертки позволяет создать лучшие условия для отвода стружки, что способствует улучшению качества поверхности канала. Эта развертка в случае необходимости может снять повышенный припуск, так как прочность зуба ее вполне достаточна. Трехзубую развертку легче изготовить требуемого размера, так как надо пригонять только по трем точкам.

Наряду с этим следует указать, что при работе трехзубыми развертками осевое усилие и крутящий момент получаются меньшими, чем при работе развертками, имеющими большее число зубьев. Это обстоятельство имеет особое значение при развертывании стволов калибра 7,62 *мм*, так как предупреждает значительные деформации длинной и тонкой цевки развертки.

Надо отметить, что способы контроля размеров разверток с нечетным числом зубьев ограничены, так как нельзя, например, применить микрометр, а необходимо пользоваться кольцами.

Режущая часть оружейных разверток обычно состоит из заборного конуса и направляющей (калибрующей) части. Наряду



Фиг. 94. Четырехзубая развертка для стволов калибра 7,62 *мм.*

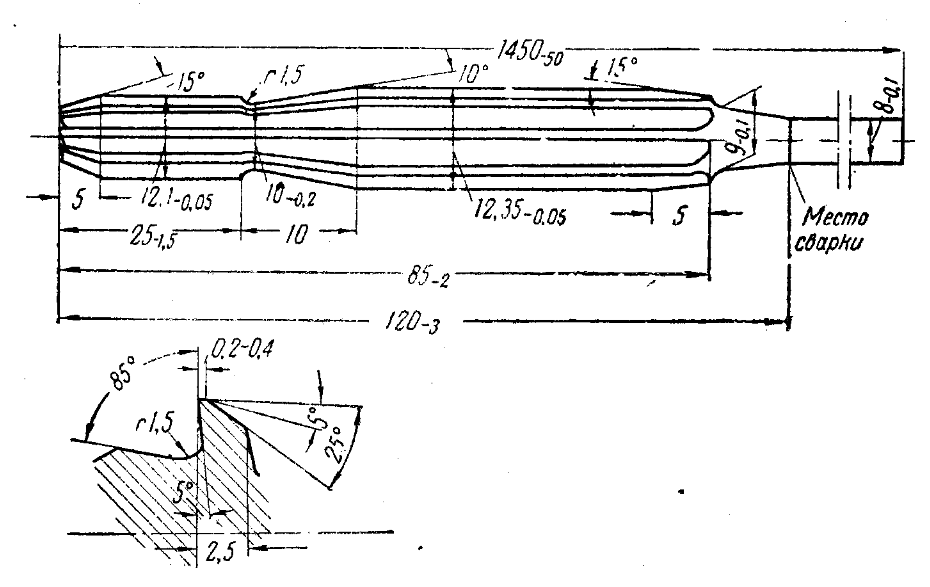
с этим встречаются развертки только конусные (фиг. 94) или со ступенчатой режущей частью (фиг. 95).

Последние развертки по существу являются комбинацией двух разверток различных диаметров. Они могут снимать больший припуск за один проход, давая сравнительно точное и достаточно чистое отверстие. На одном из заводов такой разверткой при черновом развертывании снимают припуск до 0,45 *мм*, при получистовом—до 0,2 *мм*, а при доводке отверстия—0,1 *мм.* Так как осевое усилие и крутящий момент при этом относительно велики, то эти развертки применяют при развертывании стволов калибра 12,7 и 14,5 *мм* для черновой и получистовой операций. Применение ступенчатых разверток сокращает их общее число, однако изготовление их сложнее.

На заборном конусе развертки иногда делают насечку для уменьшения усилия резания и улучшения условий вывода стружки.

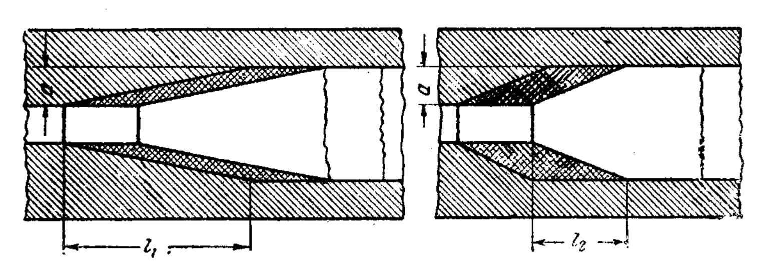
Заборной конусной частью развертка врезается в металл и снимает стружку; направляющая цилиндрическая часть направляет движение развертки, центрируя ее в канале ствола, а также зачищает неровности и шероховатости, образующиеся при резании заборным конусом.

Работа развертки, стойкость ее и чистота обработанной поверхности зависят от длин заборной и направляющей частей. На фиг. 96 показано положение двух разверток с различной длиной заборного конуса при резании металла с одним припуском и при одной и той же подаче. Объем снимаемой стружки в обоих случаях одинаковый, но в первом случае струж-



Фиг. 95. Пятизубая развертка для стволов калибра 12,7 *мм.*

ка получается тонкой и длинной, а во втором — короткой и толстой. Вымывать же толстую стружку труднее, вследствие чего увеличивается возможность закупоривания отверстия. Однако развертка с короткой заборной частью в начале врезания менее устойчива и хуже направляется.



Фиг. 96. Влияние длины заборной части на работу развертки.

При длинной стружке возрастает усилие резания, ухудшается подвод жидкости к режущим лезвиям и при значительной длине заборного конуса затрудняется проталкивание стружки. Увеличение усилия резания вызывает вибрацию развертки, отчего чистота поверхности ухудшается. Затачивание длинных лезвий, а также

лезвий с длинным конусом затруднительно. Поэтому чрезмерно длинный или слишком короткий заборный конус нежелательны.

Трехзубые развертки на основании опыта делают с конусом длиной $l=(2—2,5)d$, где d — диаметр развертываемого отверстия. Угол заборного конуса $\varphi = \sim 2°$.

Насечка (стружколомы) на заборном конусе способствует размельчению стружки, т. е. улучшает условия ее отвода из канала ствола.

Длину направляющей части устанавливают также с учетом условий наилучшего отвода стружки, наилучшей чистоты поверхности и теплоотдачи. При слишком короткой направляющей части не удается уничтожить неровности на поверхности канала при изгибе и коробления ствола; кроме того, развертка хуже направляется. При слишком длинной направляющей части развертки ухудшается отвод стружки, увеличивается трение, а следовательно, и нагревание зубьев развертки, отчего понижается ее стойкость и увеличивается возможность разбивания отверстия при выходе развертки. Хорошие результаты дают развертки с длиной направляющей части несколько большей 3 d. Такие развертки применяют при обработке стволов ручного пулемета и винтовки.

Для развертывания стволов калибра 12,7 *мм* употребляют развертки с длиной направляющей части $<3d$, а для калибра 14,5 *мм* — около 2 d.

Диаметр калибрующей части развертки делают всегда больше номинального диаметра развертываемого отверстия, но несколько меньше, примерно на $^1/_3$ допуска, наибольшего предельного размера отверстия. В отдельных случаях диаметр развертки делают равным наибольшему размеру отверстия, учитывая допускаемый износ развертки, вероятное разбивание отверстия при развертывании и допуск на изготовление самих разверток, который принимают равным $^1/_3$—$^1/_2$ допуска для развертываемого отверстия; допуск чистовых разверток не превышает 10—20 μ.

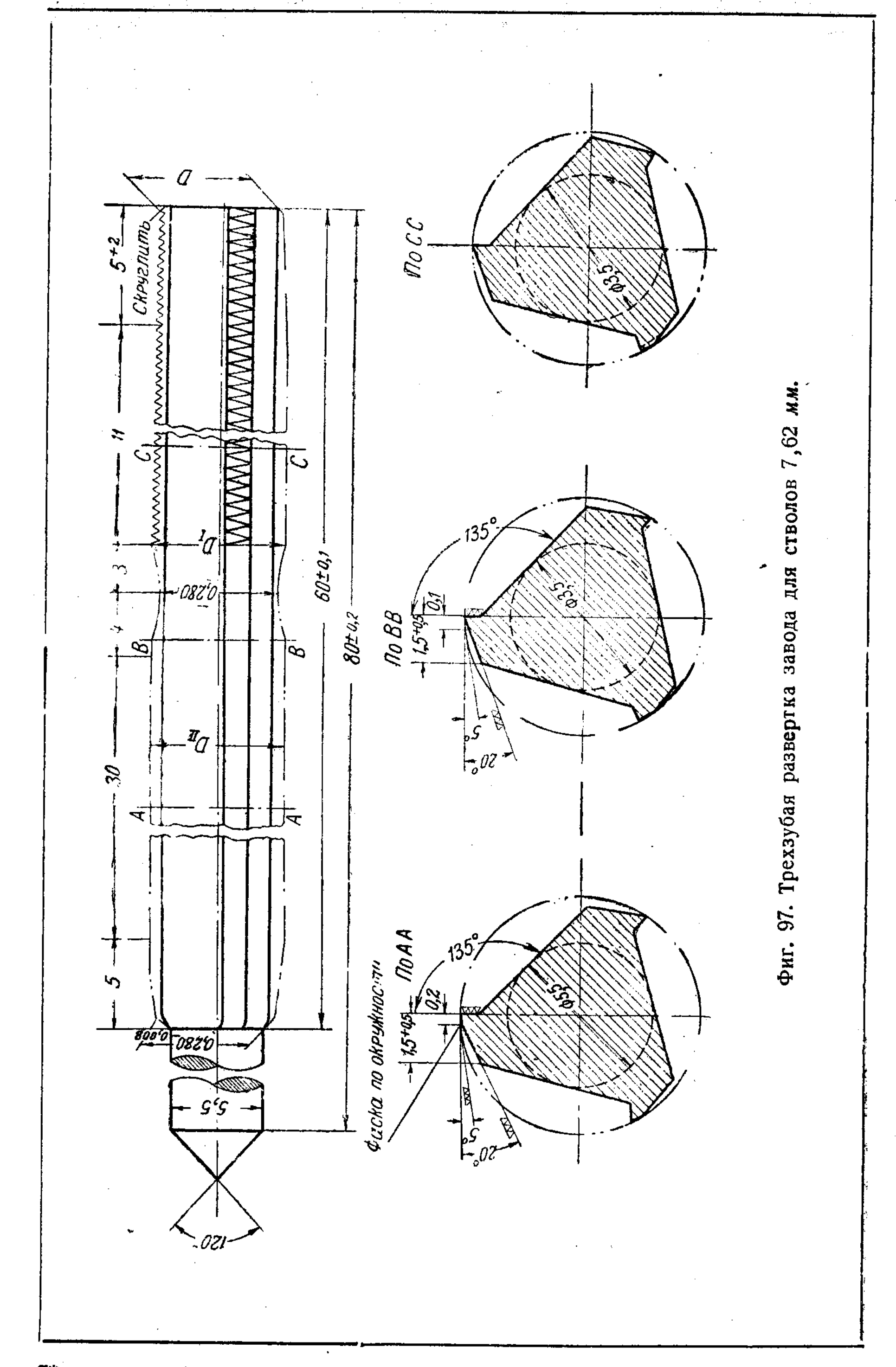
Задняя часть развертки имеет наклон под углом φ_1 около 3° для исключения возможности надиров и уменьшения разбивания отверстия при выходе развертки из канала ствола. Длину этой части устанавливают, учитывая прочность развертки в месте сопряжения ее с цевкой, в пределах 2—3 d и меньше.

Лезвие развертки прямое. Ширина ленточки 0,2—0,4 *мм*; в некоторых случаях она доходит до 0,8 *мм*. Жолоб между зубьями развертки бывает плоский (фиг. 97) или криволинейной формы. Угол наклона поверхности плоского жолоба к плоскости зуба составляет 135°.

Развертки с жолобом криволинейной формы несколько лучше отводят стружку, а при закалке не дают трещин. В этих развертках толщина зуба при переточках изменяется мало.

Радиус жолоба для калибра 7,62 равен 3,5 *мм*, а для калибра 14,5 *мм* он составляет 10 *мм*.

Задний угол зубьев развертки первого и второго вида делают

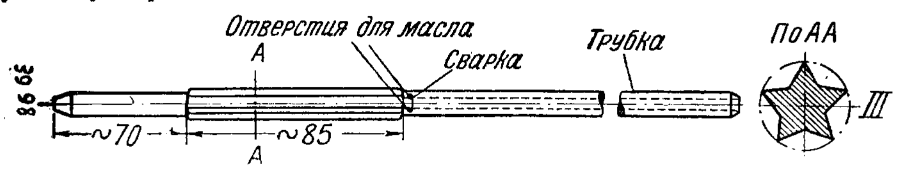


Фиг. 97. Трехзубая развертка завода для стволов 7,62 *мм*.

7*

в 5—8°; наклон затылка зуба — 20—30°; толщина зуба зависит от диаметра развертки и доходит до 4 *мм*.

Развертки с отрицательным передним углом (фиг. 98) дают весьма точное отверстие, но режут тяжело, так как угол резания их тупой. При работе развертка как бы шабрит, что обеспечивает получение весьма чистой поверхности. Подобные развертки снимают весьма малый припуск; их применяют только для чистового развертывания. Пятизубые развертки с отрицательным передним углом употребляют на оружейных заводах в Англии и США.



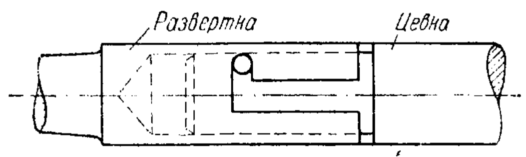
Фиг. 98. Пятизубая развертка.

Цевки разверток бывают двух видов: с внутренним каналом (фиг. 98) и без него.

Внутренний канал в цевке служит для подвода смазывающе-охлаждающей жидкости к режущей части развертки. Для выхода жидкости в месте соединения цевки с рабочей частью развертки делают боковое окно.

При пользовании развертками без внутреннего канала жидкость поступает в зазор между цевкой и поверхностью развертываемого отверстия.

В первом случае жидкость подводят в месте крепления развертки, а во втором — в месте захода развертки в канал ствола. Развертки с внутренним каналом в цевке обеспечивают более рациональный расход жидкости, неизменное давление и лучший доступ ее к режущим лезвиям. Изготовление цевок с внутренним каналом сложнее.



Фиг. 99. Соединение развертки и цевки замком.

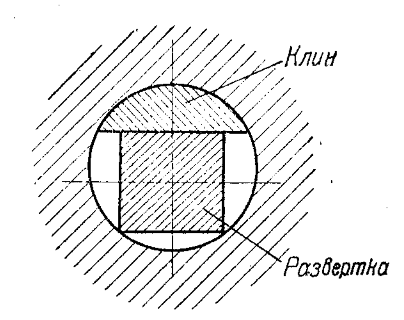
Диаметр цевки без внутреннего канала зависит от диаметра развертываемого отверстия и примерно составляет для ствола калибра 7,62 *мм* —5,8—6 *мм*, для калибра 12,7 *мм* — около 10,5 *мм* и для калибра 20 *мм* — 17—18 *мм*.

Цевка соединяется со стеблем развертки путем сварки или посредством замка (фиг. 99). Последний способ более подходит для разверток стволов крупного калибра.

Конструкция четырехзубой развертки, называемой на заводах «зубленым сверлом», показана выше, на фиг. 94. Эта развертка относится к коническим разверткам с насечкой на лезвиях; число насечек 30—36 на дюйм. Сечение развертки представляет квадрат, диагональ которого в наибольшем сечении меньше диаметра развертываемого канала ствола. Длина режущей части развертки

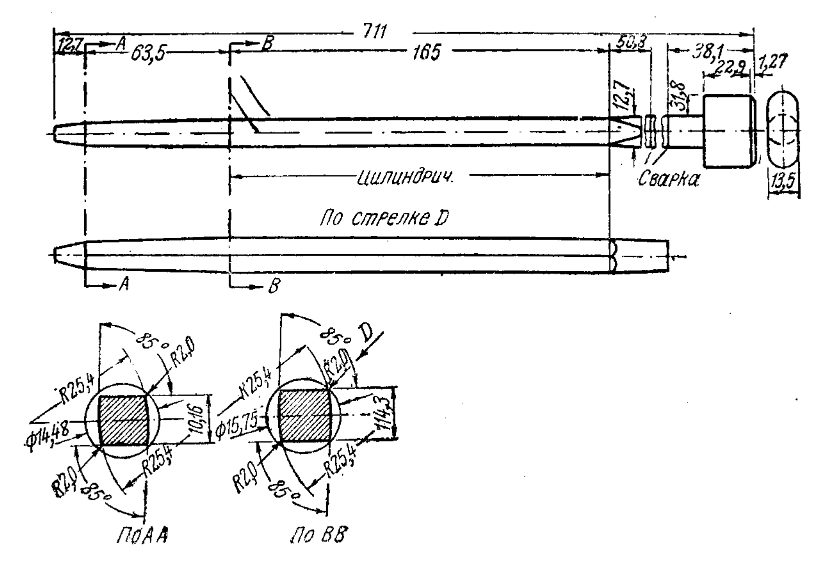
для стволов калибра 7,62 *мм* доходит до 200 *мм*, а для более крупных калибров — несколько больше.

Этой разверткой пользуются при ремонтных операциях и при зачистках поверхности канала ствола. Так, при изготовлении ствола винтовки ее применяют в четырех случаях: 1) для поправки предварительного развертывания перед правкой ствола; 2) для подчистки канала после термообработки; 3) для поправки канала перед второй правкой и 4) для подчистки пузырей после второго развертывания.



Фиг. 100. Развертывание с клином.

При развертывании пользуются деревянным клином (фиг. 100), называемым в производстве „спичкой“, который подбивают под развертку, прижимая ее зубья к поверхности канала. Такой способ надо признать весьма архаичным, а конструкцию развертки не отвечающей современным требованиям.



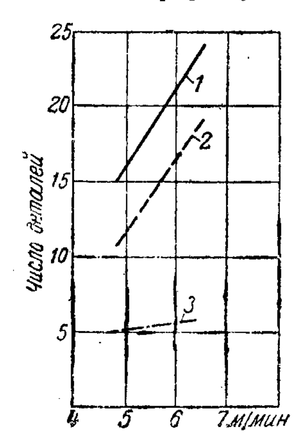
Фиг. 101. Четырехзубая развертка.

На некоторых заводах при изготовлении стволов оружия, появившегося в последнее десятилетие, разверток этого типа не применяют.

Четырехзубую развертку (фиг. 101) употребляют для изготовления стволов пулемета Брен при доводке канала.

§ 34. Изготовление разверток

Развертки обычно делают из углеродистой стали У12А, но можно пользоваться для этого и другими марками стали, в частности быстрорежущей сталью РФ1 или специальной ХВ5.



Фиг. 102. Влияние термообработки на стойкость развертки.

1—отпуск при 170°, выдержка 1 час; *2*—отпуск при 100°, выдержка 5 час.; *3*—отпуск при 250°, выдержка 2 часа.

Развертки из быстрорежущей стали дают менее чистое отверстие, так как эти развертки труднее затачивать, но зато они дольше не изнашиваются и примерно в два раза более стойкие, чем развертки из стали У12А. Развертка из стали У12А при двух-трех заточках обрабатывает 10—15 стволов; развертки из стали ХВ5 обрабатывают меньше стволов.

Изготовление разверток состоит из следующих основных операций: 1) отрезание, 2) обтачивание, 3) фрезерование хвоста и канавки, 4) термическая обработка, 5) шлифование и 6) затачивание.

Термическая обработка имеет существенное значение для стойкости разверток, что видно из табл. 21 и фиг. 102. Правильная термическая обработка обеспечивает высокую стойкость разверток. После термообработки развертка должна обладать твердостью $R_c>60$.

Таблица 21

Материал развертки	Термообработка: температура закалки, °C	охлаждающая жидкость	температура отпуска, °C	продолжительность отпуска, час.	Скорость резания *м/мин*	Подача, *мм/об*	Машинное время, мин	Количество годных деталей	Количество испытанных разверток
У12А	780—770	Соленая вода	170	1	4,75	0,855	4	15	6
У12А	780—770	„ „	250	2	4,75	0,855	4	5	3
У12А	780—770	„ „	100	5	4,75	0,855	4	10	5
У12А	780—770	„ „	170	1	9,0	0,513	3,25	15	4
У12А	780—770	„ „	250	2	9,0	0,513	3,25	6	5
У12А	780—770	„ „	100	5	9,0	0,513	3,25	17	4
У12А	780—770	„ „	170	1	6,28	0,855	3,02	24	1
У12А	780—770	„ „	250	2	6,28	0,855	3,02	6	2
У12А	780—770	„ „	100	5	6,28	0,855	3,02	18	4

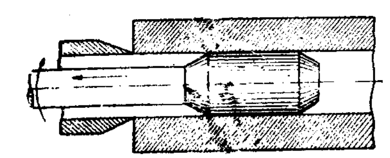
Затачивание и доводка зубьев развертки являются важнейшими операциями, так как от этого зависит чистота обрабатываемой поверхности канала ствола. Для доводки лезвий развертки пользуются оселками Арканзас.

§ 35. Способы развертывания каналов стволов

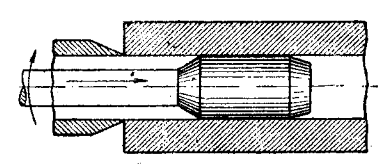
Существуют два способа развертывания каналов стволов стрелкового оружия:

1) протягиванием (работа «внатяг») развертки через канал ствола (фиг. 103) и

2) проталкиванием (работа «внапор») развертки через канал ствола (фиг. 104).



Фиг. 103. Способ протягивания развертки.



Фиг. 104. Способ проталкивания развертки.

При первом способе цевка развертки подвергается растяжению и скручиванию, а во втором — скручиванию и продольному изгибу. Сравнивая эти деформации, следует заметить, что второй способ развертывания в этом отношении является менее благоприятным. Это объясняется, с одной стороны, тем, что при всех прочих равных условиях величина крутящего момента в этом случае больше, так как усилие резания относится на конец развертки; с другой стороны, тем, что при изгибе цевки возможно трение ее об обработанную поверхность канала.

При подаче жидкости через канал цевки или в зазор между цевкой и поверхностью канала ствола отвод стружки при протягивании развертки через канал является лучшим, так как стружка проталкивается через отверстие увеличенного диаметра и не встречает на своем пути сужающегося конуса канала ствола в месте резания развертки. Кроме того, так как стружка выталкивается в обработанный канал, она не может препятствовать нормальной работе развертки при застревании; развертка в этом случае вытягивается из-под стружки. Вместе с тем при этом способе работы и сплошной цевке диаметр ее надо делать меньше на величину снимаемого припуска, что уменьшает прочность цевки.

При проталкивании развертки через канал ствола по окончании операции, чтобы вернуть развертку в исходное положение, приходится ее протаскивать через канал ствола, не открепляя развертку, или откреплять развертку, вытягивать цевки разверток из ствола, возвращать их в исходное положение и снова закреплять. Протаскивание разверток через обработанный канал может вызывать повреждения его поверхности; при перестановке раз-

верток значительно увеличивается вспомогательное время, а при механизации приемов по перестановке разверток значительно усложняется конструкция станка.

При работе внатяг заборный конус развертки обращен к цевке; это несколько затрудняет затачивание его лезвий. Применяя этот способ, приходится обязательно откреплять развертку, вводить цевки в канал ствола и затем закреплять. Выполнение этих приемов вручную значительно увеличивает вспомогательное время, а при механизации приемов усложняется конструкция станка.

В оружейном производстве применяют как тот, так и другой способ. На наших заводах чаще развертывают внапор, возвращая развертку в исходное положение путем протаскивания ее через канал ствола. На заводах Англии и США распространен способ развертывания внатяг, причем пользуются станками, у которых операции по перестановке разверток механизированы.

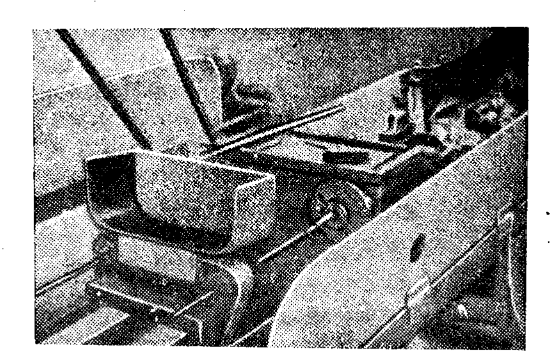
Развертывание стволов на наших заводах, как правило, при работе внапор производят с казенного конца.

Во всех случаях главное движение сообщается развертке, а движение подачи — или стволу или развертке. При вращательном движении развертки упрощается конструкция станка, уменьшаются его габариты и работа станка более спокойная, так как ствол не вращается.

§ 36. Станки для глубокого развертывания

Станки для глубокого развертывания стволов стрелкового оружия должны удовлетворять следующим требованиям:

1. Непрерывно подводить смазывающе-охлаждающую жидкость под определенным давлением.



Фиг. 105. Установка для развертывания ствола тянущим способом.

2. Строго центрировать развертку относительно оси канала ствола.

3. Автоматически выключать главное и вспомогательное движения по окончании рабочего цикла и быстро переводить развертку в исходное для работы положение.

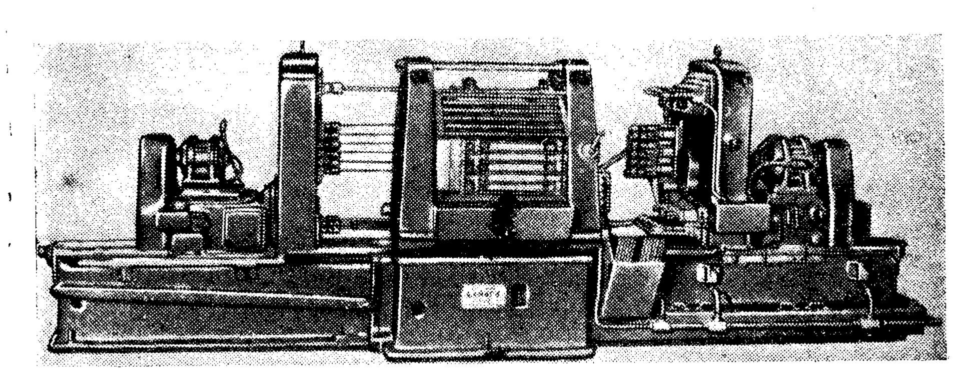
4. Обеспечивать быструю смену стволов и допускать одновременную обработку нескольких стволов.

5. Быть простыми в эксплоатации и в изготовлении и иметь небольшие габариты.

Станки для развертывания каналов стволов можно классифицировать по следующим признакам:

1) количество шпинделей, 2) расположение шпинделей, 3) привод вспомогательного движения, 4) тип насоса, 5) тип приспособления для установки стволов, 6) степень автоматизации.

Стволоразверточные станки, как правило, многошпиндельные. В оружейном производстве применяют станки двухшпиндельные (фиг. 105), представляющие собой спаренные одношпиндельные станки, пяти- и шестишпиндельные с расположением шпинделей в один ряд и многошпиндельные с расположением шпинделей в несколько рядов (фиг. 106).



Фиг. 106. Гидравлический 18-шпиндельный станок Джон Барнес для развертывания винтовочных и пулеметных стволов.

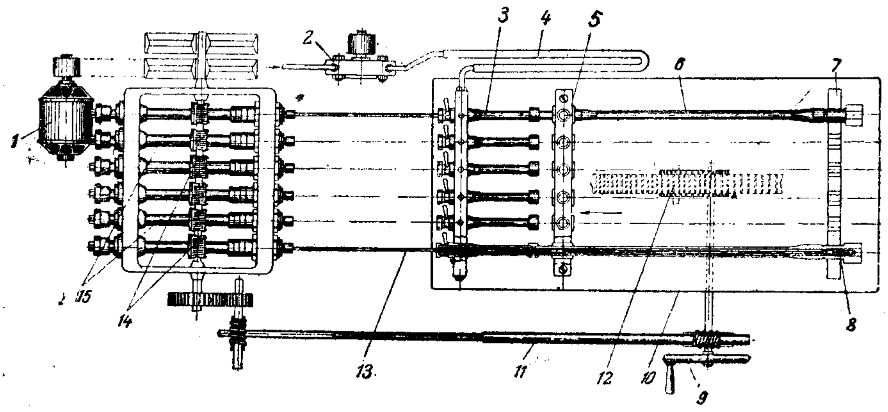
Тенденция к увеличению числа шпинделей вызвана необходимостью повышать производительность стволоразверточных станков и уменьшать занимаемую ими площадь. За последнее время создан многошпиндельный станок с расположением шпинделей в несколько рядов. Небольшой расход энергии при развертывании вследствие незначительного крутящего момента и сравнительно простое выполнение операции при работе на хорошо налаженных станках облегчают создание многошпиндельных станков. Вместе с тем значительное время, затрачиваемое на выполнение всех операций по развертыванию, определяет высокую эффективность развертки, что и побуждает к непрерывному изысканию возможностей усовершенствования технологии обработки поверхности канала после глубокого сверления.

По расположению шпинделей стволоразверточные станки бывают двух типов: 1) с горизонтальными шпинделями (фиг. 107) и 2) с вертикальными шпинделями (фиг. 108).

Появление вертикальных стволоразверточных станков так же, как и горизонтальных с расположением шпинделей в несколько рядов, вызвано, в первую очередь, стремлением увеличить производительность, уменьшить габариты многошпиндельных станков и обеспечить быстрое обслуживание станка.

Станки бывают с независимыми или зависимыми шпинделями; в последнем случае шпиндели приводятся во вращательное движение от общего передаточного вала, как это показано на

фиг. 107. Устройство такого станка весьма простое, но невозможно выключать тот или иной шпиндель при неполной загрузке станка; вследствие этого увеличивается общий простой станка,



Фиг. 107. Схема шестишпиндельного стволоразверточного станка.

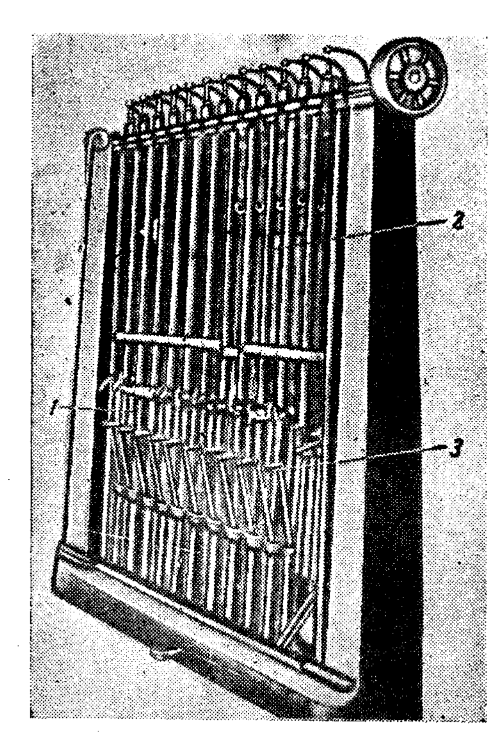
1—мотор; *2*—насос; *3*—направляющая втулка для развертки; *4*—шланг; *5*—приспособление для крепления стволов; *6*—ствол; *7*—подставка; *8*—развертка; *9*—рукоятка стола; *10*—подвижной стол; *11*—телескопический вал; *12*—рейка; *13*—цевка развертки; *14*—червячная передача; *15*—шпиндели.

а также расход энергии. Станки с независимой работой шпинделей свободны от этих недостатков, но более сложны, так как их снабжают либо передаточным механизмом, либо индивидуальным мотором для каждого шпинделя.

По приводу вспомогательного движения различают станки шестеренные, гидравлические и с противовесом.

Вспомогательное движение сообщается или стволу или шпиндельной головке, в которой закреплен инструмент.

В шестеренных станках изменение скорости движения при подаче производится путем смены шестерен, в гидравлических—за счет регулирования работы насоса и станках с противовесом—



Фиг. 108. Вертикальный двенадцатишпиндельный станок Бауш Машин Тул Ко для развертывания винтовочных и пулеметных стволов.

путем изменения величины груза. Наиболее широко распространены станки первого типа; станки второго типа появляются в последнее время на заводах США. Третий тип станков представляет относительно устаревшую конструкцию. В некоторых конструкциях станков применяются механизмы для автоматического уменьшения скорости подачи в случае возрастания сопротивления резанию.

Насосы в станках для подачи жидкости бывают шестеренные или лопастные. Работа насоса во всех станках, как правило, координируется с работой шпинделей, т. е. с прекращением вращения шпинделя прекращается и работа насоса и наоборот — с началом вращения шпинделей начинается работа насоса. Этим путем устраняют излишний расход смазывающе-охлаждающей жидкости.

Этого достигают, например, тем, что насос приводится от вращения маховика, посаженного на вал, передающий вращение шпинделям от мотора (фиг. 107).

По типу приспособлений для установки стволов станки бывают: 1) с индивидуальными приспособлениями для каждого ствола и 2) с многокомплектными приспособлениями, причем эти приспособления делятся на допускающие смену стволов во время рабочего цикла (тип барабанного приспособления) и приспособления простого типа — в виде столов.

Установка стволов против разверток в приспособлениях барабанного типа производится автоматически посредством поворота барабана механизмом, приводимым в действие от мотора силовой головки.

Для устранения перекоса и изгиба разверток во время развертывания при разработке схемы крепления стволов в приспособлениях особое внимание обращают на совпадение осей ствола и развертки и на создание условий для точного следования развертки по каналу при работе. Для этого применяют, например, шарнирное приспособление, позволяющее стволу качаться, или закрепление одного из концов ствола, введенного в направляющую втулку развертки, оставляя второй конец свободным. Последний способ установки ствола применяется в горизонтальных стволоразверточных станках Фриц Вернер.

По степени автоматизации стволоразверточные станки можно разделить на полуавтоматические и автоматические. В полуавтоматических станках возвратное движение и перестановка инструмента, если это требуется по выполнении рабочего цикла, производятся вручную. В автоматических станках указанные приемы автоматизированы, например в станке Джон Барнес.

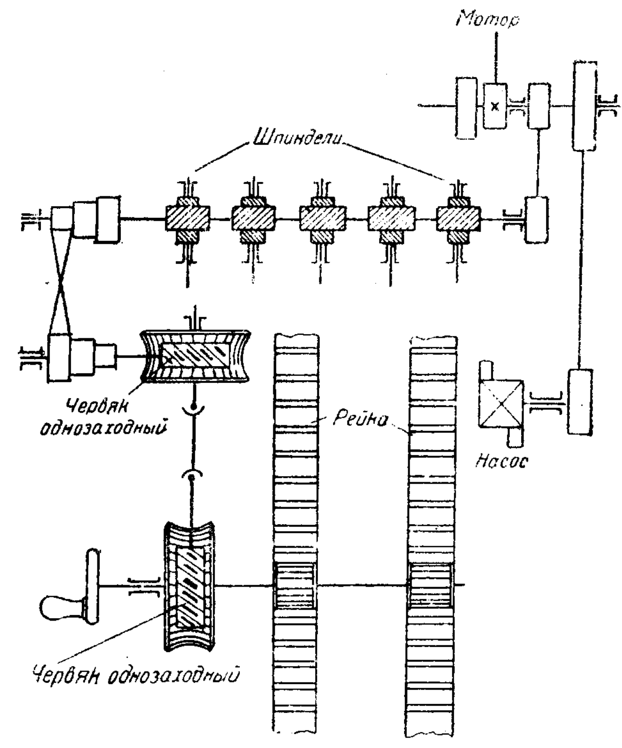
Автоматизация хотя и усложняет конструкцию станка, но значительно повышает его производительность.

В оружейном производстве применяют станки Фриц Вернер, Пратт-Витней, Людвиг Леве, Джон Барнес и Бауш Машин Тул Ко (фиг. 108).

Станок Фриц Вернер (фиг. 107) — горизонтальный. Его довольно широко применяют на заводах оружейной промышленно-

сти с различным числом шпинделей (5—6). Кинематическая схема пятишпиндельного станка показана на фиг. 109. Станки Фриц Вернер отличаются простотой устройства и эксплоатации.

Вращательное движение сообщается разверткам, закрепленным в приспособлениях в шпинделях, а движение подачи сообщается столу, на котором уложены стволы в один ряд. Вращательное движение шпиндели получают от мотора через червяч-



Фиг. 109. Кинематическая схема стволоразверточного станка Фриц Вернер.

ную передачу, а поступательное движение передается столу посредством телескопического вала с червячной передачей. Возвратное движение стола производится вручную с помощью рукоятки. Жидкость подается насосом в направляющие втулки разверток. Для пуска жидкости имеются краны.

Стволы укладываются на подставки стола; при этом передний конец входит в муфту направляющей втулки развертки, а задний ложится свободно, обеспечивая центрирование и точное движение развертки по каналу. Передний конец ствола закрепляют на подставке накладками и винтовыми или эксцентриковыми зажимами (фиг. 110).

Двенадцатишпиндельный станок Бауш Машин Тул Ко (см. фиг. 108) — вертикальный.

Стволы *1* закрепляются в приспособлениях, шарнирно соеди-

ненных с каретками, что позволяет стволу качаться, вследствие чего развертка точно следует по каналу ствола при его движении.

Развертки *2* зажимаются в патронах шпинделей, расположенных вверху станка, и получают вращательное движение (500 об/мин) от горизонтального приводного вала через винтовые шестерни. Каждый шпиндель можно установить и пустить независимо от других.

Рабочий ход кареток со стволами вверх осуществляется при помощи противовеса. Скорость подачи регулируется в пределах 0,25—0,375 *мм/об* и может автоматически уменьшаться при помощи особого приспособления в случае увеличения сопротивления резанию при развертывании.

Из крайнего верхнего положения каретка опускается вниз вручную и застопоривается защелкой с рукоятью *3* для смены стволов.

Смазывающе-охлаждающая жидкость подводится к шпинделям и по стеблям разверток стекает в каналы обрабатываемых стволов.

Станки строятся для стволов длиной до 800 *мм* с диаметром канала до 8 *мм*. Размеры станка около 2,35×1,35×3,075 *м*.

Фиг. 110. Закрепление переднего конца ствола.

1—винт; *2*—накладка; *3*—подставка.

Гидравлический восемнадцатишпиндельный горизонтальный станок Джон Барнес (см. фиг. 106) состоит из двух гидравлических силовых головок с автоматическим циклом движений и поставленного между ними поворотного многопозиционного приспособления, позволяющего загружать стволы во время рабочего цикла головок.

На правой силовой головке имеется 18 шпинделей, расположенных в три ряда, по шесть в каждом ряду: один ряд для чернового развертывания, второй — для получистового и третий — для чистового. Шпиндели снабжены патронами для захвата и вращения разверток. На левой силовой головке имеется такое же количество патронов, также расположенных в три ряда, но не имеющих вращения.

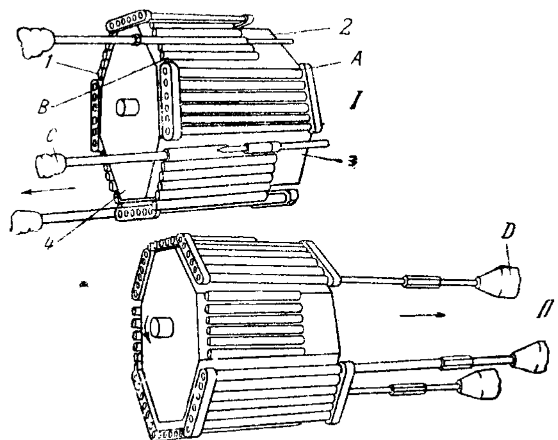
Приспособление (фиг. 111) выполнено в форме восьмигранного барабана, который при индексировании устанавливается так, что верхняя, нижняя и задняя грани его располагаются по линии осей патронов, захватывающих развертки. При движении правой силовой головки вправо шпиндели захватывают развертки и протягивают их по каналам стволов; при этом развертки вращаются и развертывают каналы. Патроны левой головки при движении ее влево захватывают развертки и возвращают их в исходное положение.

Патроны правой головки гидравлические, а патроны левой головки пружинные, допускающие захват и освобождение конца развертки.

Станок снабжен гидравлической установкой с насосом постоянного литража для ускоренных ходов и насосом переменного литража для рабочей подачи с регулированием скорости.

Смазывающе-охлаждающая жидкость (масло) подводится к каждой развертке через гидравлический патрон по каналу в стебле. Поток масла пускается и останавливается одновременно с вращением и остановкой шпинделей.

Все движения обеих головок и повороты барабана взаимно сблокированы при помощи электрического устройства.



Фиг. 111. Схема барабанного приспособления в станке Джон Барнес для развертывания стволов.

I—положение рабочего хода; *II*—положение отвода разверток по трубкам.

На фиг. 111 схематически изображено барабанное приспособление. На четырех гранях его уложено по шесть трубок *A*, предназначенных для удержания и направления разверток при их возвращении в исходное положение после окончания рабочего хода. Стволы *B* укладываются на остальных четырех гранях барабана.

На верхней схеме *I* показано барабанное приспособление в положении рабочего хода правой шпиндельной головки, направление движения которой показано стрелкой; патроны *C* тянут вращающиеся развертки по каналам стволов. Вращение шпинделей автоматически прекращается, как только развертки будут протянуты через каналы стволов с требуемой скоростью подачи. В это время приспособление вручную индексируется на 45° и три ряда направляющих трубок барабана устанавливаются против разверток. Затем следует ускоренный обратный ход правой головки; развертки вводятся в направляющие трубки, освобождаются патронами остановившейся правой головки и захватываются патронами левой головки, которая после этого ускоренно перемещается влево, отводя развертки в исходное положение, как показано на нижней схеме *II*.

После фиксации разверток левой головкой в исходном положении барабан снова поворачивается на 45° и новые ряды стволов устанавливаются против разверток. При нажиме на спусковую кнопку начинается новый цикл движений станка: быстрый ход левой головки вправо, при этом стебли разверток вводятся в каналы стволов, захватываются патронами правой головки, которая после освобождения разверток патронами левой головки и остановки последней получает рабочий ход, сообщая вращение шпинделям.

В позиции *1* на верхней схеме стволы загружаются, в позиции *2* производится чистовое развертывание, в позиции *3* — получистовое, а в позиции *4* — черновое развертывание. Смена стволов на загрузочной позиции производится без остановки станка.

Для чернового и получистового развертывания применяют трехзубые развертки, а для чистового развертывания — пятизубые (см. фиг. 98). В пятизубых развертках передний угол делают отрицательным и развертывание производят шабрующим эффектом. Трубчатый стебель развертки приваривают к рабочей части; для выхода масла к режущим кромкам делают отверстие в месте приварки.

Для управления станком имеется четырехкнопочная панель.

§ 37. Смазывающе-охлаждающие жидкости, применяемые при развертывании

Назначение смазывающе-охлаждающих жидкостей, применяемых при развертывании, а также требования к ним и к жидкостному режиму такие же, как и при глубоком сверлении. Приводим составы жидкостей, применяемых при развертывании.

1. Осерненное масло

Веретенное масло	89%
Льняное масло	10%
Сера	1%

2. Жировая смесь

Рыбий жир	50%
Льняное масло	50%

3. Масляная смесь

Льняное масло	75%
Веретенное масло	25%

4. Эмульсии

Первые три жидкости дорогие и дефицитные, поэтому заводы изыскивают всевозможные заменители в виде эмульсий. Применение последних пока не дало хороших результатов в отношении чистоты обрабатываемой поверхности канала; однако английская оружейная промышленность эмульсии уже применяет.

Смазывающе-охлаждающая жидкость подается под давлением 15—45 *ат*, в зависимости от калибра ствола, конструкции цевки и принятого способа развертывания.

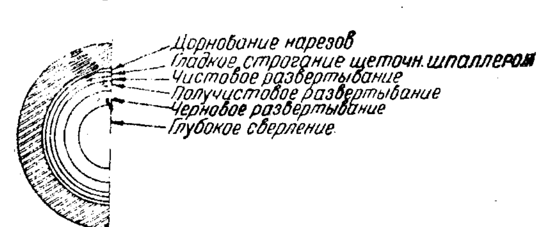
§ 38. Режимы работы при развертывании

Режимы работы при развертывании устанавливают на основании опытов. Ориентировочно можно указать, что при развертывании дают подачу от 0,5 до 1,2 *мм/об* и скорость резания от 5,5 до 8 *м/мин*.

При установлении режима резания, так же как и при глубоком сверлении, следует учитывать условия отвода стружки. На операциях чернового и получистового развертывания подачу можно принимать несколько больше, чем при чистовом развертывании. При развертывании стволов калибра больше 7,62 *мм* величину подачи увеличивают.

§ 39. Применение броши для протягивания каналов стволов

Развертывание каналов стволов, несмотря на ряд технологических усовершенствований, все же относительно мало эффективно, причем поверхность канала не получается достаточно чистой. После развертывания на поверхности канала ствола остаются поперечные штрихи, хотя и незначительные, но все же такие, при которых требуется дополнительная отделка, так как даже незначительные штрихи и полосы снижают живучесть ствола и влияют на поведение пули во время движения ее по каналу. При образовании нарезов способом выдавливания их при протягивании пуансона наличие штрихов, полученных при развертывании совершенно недопустимо, так как в результате проталкивания пуансона происходит даже некоторое увеличение рельефности штрихов. Поэтому в технологический процесс в одном случае вводят операцию строгания полей, а в другом — гладкое строгание поверхности канала ствола шпаллером (фиг. 112), устраняющим поперечные штрихи и полосы после развертки.



Фиг. 112. Схема обработки канала ствола.

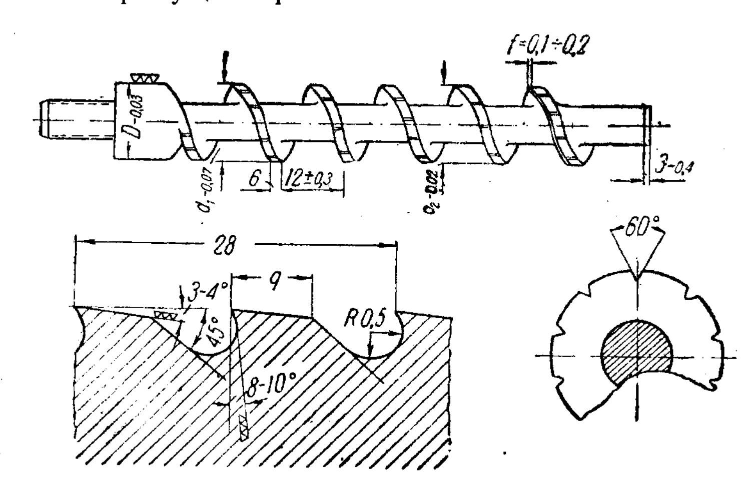
Указанное несовершенство развертывания каналов стволов можно устранить, применяя протягивание канала брошью. Применение броши обеспечивает большую производительность и получение достаточно точного отверстия с чистой поверхностью без поперечных штрихов и полос. Однако внедрение броши для отделки каналов стволов происходит крайне медленно как у нас, так и за границей. Объясняется это в первую очередь тем, что не разработана еще удовлетворительная конструкция броши.

Брошь для протягивания канала ствола должна обеспечивать хороший отвод стружки, доступ охлаждающей жидкости к лезвиям зубьев, быть достаточно прочной, стойкой и обеспечивать высокую чистоту поверхности. Удовлетворить этим требованиям трудно, в особенности при протягивании отверстий стволов калибра 7,62 *мм*.

Кольцевая брошь, как наиболее простая в изготовлении, не обеспечивает отвода стружки, и поэтому ее не применяют при протягивании каналов стволов.

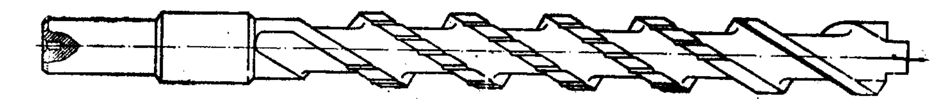
Один из видов броши, нашедшей применение в оружейном производстве, показан на фиг. 113а и 113б.

Режущая часть броши состоит из одной или двух лент, вьющихся по спирали на коническом стержне. Число витков — пять; из них три являются режущими и два калибрующими. Расположение режущей части по спирали обеспечивает непрерывный отвод стружки и достаточный доступ смазывающе-охлаждающей жидкости к режущим кромкам.



Фиг. 113а. Брошь для протягивания канала ствола.

Конусность стержня, так же как и расположение режущих лент по спирали, необходимы для увеличения пространства между витками, чтобы вместить постепенно увеличивающийся объем стружки при протягивании броши и для обеспечения надлежащей прочности стержня во всех сечениях.



Фиг. 113б. Брошь для протягивания канала ствола.

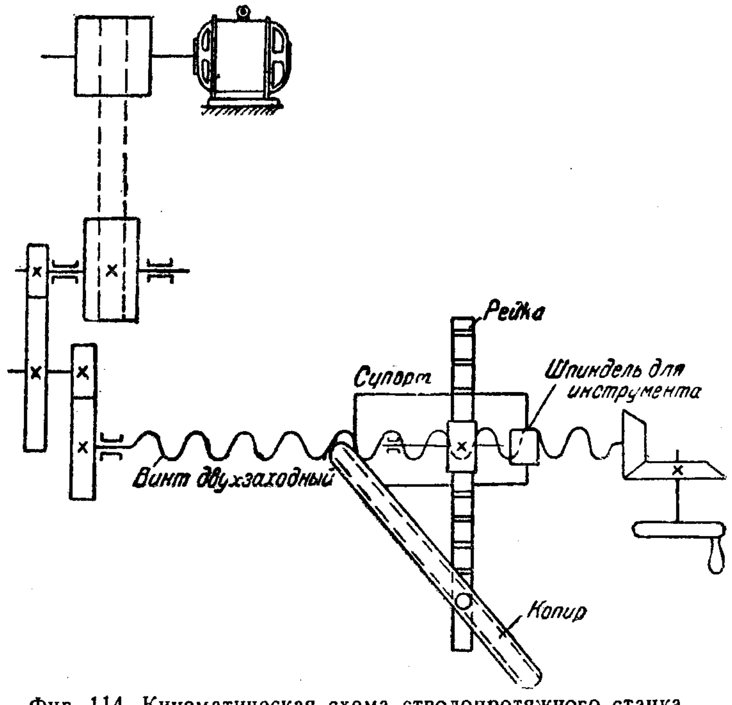
При двух лентах брошь более устойчива, особенно в начальный момент резания при заходе в канал ствола. Расположение лент — диаметрально-противоположное, поэтому при врезании не происходит отжима броши вследствие возникающего давления резания.

Для получения узкой стружки на режущих витках сделаны стружколомы, расположенные в линейном порядке. Количество стружколомов и их размеры должны быть такими, чтобы стружка легко отводилась и на поверхности канала не оставалось следов в виде полос от стружколомов.

8 Зак. 55.

Передняя часть броши представляет сравнительно короткий цилиндр для направления броши при протягивании ее по каналу, с пеньком, имеющим прямоугольную резьбу для соединения с тяглом. Диаметр пенька и резьбы определяют путем расчета их на прочность.

Каналы стволов протягивают на стволопротяжных станках (фиг. 114). Ствол закрепляется неподвижно, а броши сообщаются движения: поступательное и вращательное, по винтовой линии с



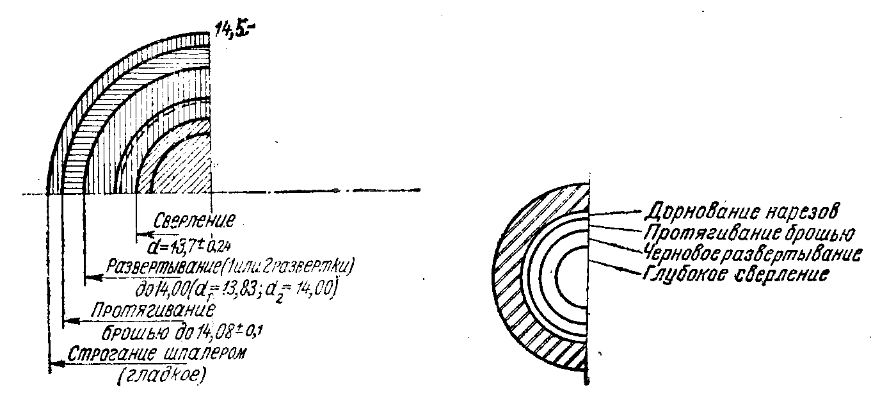
Фиг. 114. Кинематическая схема стволопротяжного станка.

шагом нарезки ствола. Для сообщения вращательного движения броши станок имеет копир — линейку с пазом, устанавливаемую под определенным углом. При перемещении супорта вдоль станка рейка, палец которой входит в паз линейки, одновременно перемещается в сторону и вращает шестерню, соединенную со шпинделем, в котором закреплен инструмент.

Благодаря вращению протяжки по винтовой линии поперечных штрихов и полос не получается.

Схема операций при применении броши для обработки каналов стволов крупного калибра показана на фиг. 115а и 115б. После сверления канал развертывают одной или двумя развертками, а затем протягивают брошью, причем число брошей зависит от величины снимаемого припуска. Наконец, поверхность канала строгают щеточным шпаллером, снимая весьма малый при-

пуск. Таким образом в настоящее время протягивание брошью заменяет получистовое и чистовое развертывание канала, что дает известный экономический эффект.



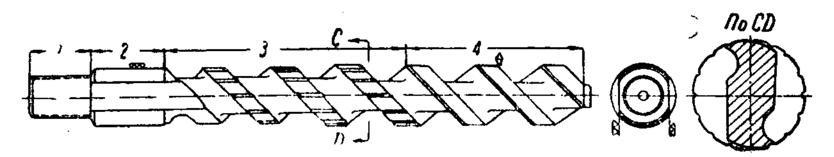
Фиг. 115а. Схема протягивания канала ствола.

Фиг. 115б. Схема протягивания канала ствола.

С усовершенствованием конструкции броши можно будет отказаться от непроизводительной операции — гладкого строгания шпаллером.

Отработка конструкции броши показала возможность замены протягиванием операций развертывания и гладкого строгания шпаллером при обработке ствола. Особое значение имеет замена малопроизводительной гладкой строжки протягиванием, что повышает производительность до 1000%.

Основное требование к операции протягивания заключается в обеспечении высокой чистоты поверхности канала, чего в настоящее время достигнуть не удалось. Чистота поверхности при протягивании зависит главным образом от геометрии зубьев броши, качества изготовления и заточки броши, режимов резания и от смазывающе-охлаждающей жидкости, которые должны назначаться в соответствии со свойствами материала ствола. Кроме того, чистота поверхности канала в значительной мере определяется жесткостью станка.

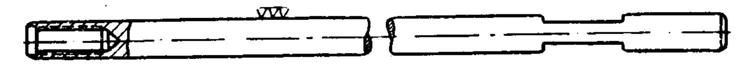


Фиг. 116а. Винтовая брошь для протягивания каналов стволов.

В производстве применяются двухзаходные винтовые броши, у которых режущие кромки образуют винтовую линию (фиг. 116а).

Основными частями броши являются: хвостовик *1*, направляющая часть *2*, режущая часть *3*, калибрующая часть *4*.

Хвостовая часть, или хвостовик, имеет прямоугольную резьбу для присоединения к стеблю (фиг. 116б), другой конец которого обычно закрепляется в патроне станка при помощи вилки, входящей в боковые выемки стебля.



Фиг. 116б. Стебель к винтовой броши.

При протягивании хвостовик испытывает наибольшее растягивающее усилие и крутящий момент, ввиду чего его рассчитывают на прочность. Усилие протягивания при этом можно подсчитать по обычной формуле:

$$P = p \cdot a \cdot b,$$

где p — удельное давление резания в *кг/мм*², которое в зависимости от ствольной стали и толщины снимаемой стружки составляет 300—500 *кг/мм*²;

a — толщина стружки в *мм*;

b — ширина стружки в *мм*.

Направляющая часть направляет брошь при входе ее в канал ствола, образуя с последним скользящую посадку 3-го класса точности. Длина направляющей части составляет 1—1,5 диаметра канала. Первый зуб броши обычно относят к направляющей части, что позволяет контролировать правильность подготовки канала под протягивание.

На направляющей части образованы диаметрально противоположные лыски для ключа, одновременно улучшающие условия подвода жидкости.

Режущая часть обрабатывает канал, снимая припуск на операцию протягивания. Это наиболее важная часть броши, так как от ее работы зависит в основном качество работы всей броши.

Для непрерывного отвода стружки брошь имеет две винтовые канавки, которые выфрезеровывают хвостовой фрезой на универсально-фрезерном или сверлильно-нарезном станках, в результате чего режущие кромки располагаются по винтовой линии. Сердцевина броши, как и у спирального сверла, делается на конус. Характеристиками режущей части являются: шаг винтовой линии, углы зубьев, подъем зубьев и стружколомы, форма канавки.

Шаг винтовой линии режущих кромок определяется условиями отвода стружки и главным образом созданием лучших условий врезания, что обеспечивает спокойную работу.

Эти условия обеспечиваются при угле наклона винтовой линии $\varphi = 45°$.

Тогда

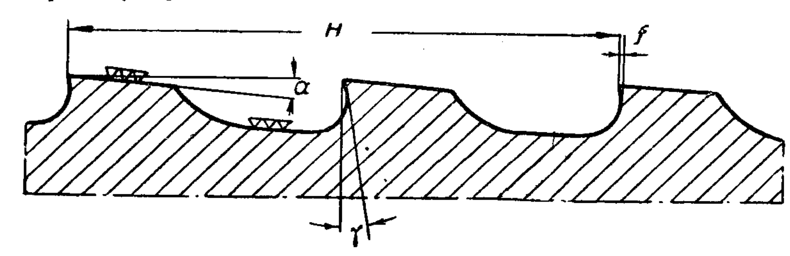
$$H = \pi d \operatorname{tg} \varphi,$$

где H — шаг винтовой линии;

d — диаметр броши.

Форма канавки (фиг. 116в) имеет большое значение для образования и отвода стружки. Передний угол γ у зубьев принимают для всех калибров равным 10—12°. Однако вопрос о наивыгоднейшем переднем угле должен решаться в каждом отдельном случае на основании практики обработки в зависимости от свойств обрабатываемой стали и толщины стружки [1].

Задний угол α принимают равным 2—3°. При бо́льших задних углах брошь работает неровно, что обусловливает появление «колец» на поверхности канала, меньшие задние углы увеличивают работу трения.



Фиг. 116в. Геометрия зуба винтовой броши.

Для хорошей работы броши необходимо, чтобы режущие зубья были острыми, а режущие кромки ровными, без зазубрин, выкрошенных и смятых мест.

Ленточка на задней грани нежелательна, так как наличие ее ухудшает чистоту поверхности канала. Диаметр режущей части постепенно увеличивается к калибрующей части.

Разность диаметров рабочей части определяется припуском на операцию протягивания.

В результате режущие кромки по всей своей длине снимают стружку определенной толщины.

$$a = \frac{h}{2 \frac{L}{H} \frac{\pi d}{\cos \varphi}}$$

или, подставляя значение шага винтовой линии,

$$a = \frac{h}{2L} \sin \varphi,$$

где a — толщина стружки;

h — припуск на операцию протягивания;

L — длина режущей части.

Толщину стружки принимают 0,01—0,03 *мм*.

На режущей части для облегчения работы броши делают стружкоделительные канавки обычно полукруглой формы, которые разделяют стружку на части, что улучшает ее отвод. Вслед-

[1] Исследовательскими работами получено улучшение чистоты обработки каналов стволов при уменьшении переднего угла до — 5°. Кроме того, стойкость при этом оказалась повышенной.

ствие того что при протягивании брошь, кроме поступательного движения, имеет вращение, стружколомы располагают по прямой линии.

Калибрующая часть зачищает канал ствола и придает ему окончательные размеры.

Она отличается от режущей части тем, что диаметр ее на всей длине одинаков и равен окончательному диаметру протягиваемого канала ствола. Характерной особенностью калибрующей части является наличие на задней грани ленточки, которая на режущей части не допускается.

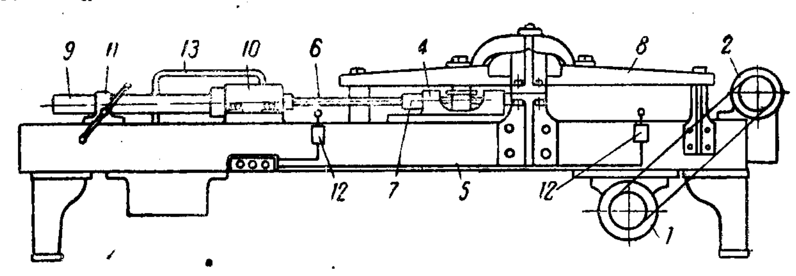
Ширина калибрующей ленточки принимается $f = 0{,}3—0{,}5$ *мм* и должна быть одинакова по всей длине. Задний угол на калибрующей части меньше и составляет 1—2°.

Стружкоделительных канавок на калибрующих зубьях нет.

Броши изготовляют из различных марок быстрорежущей стали. После термообработки и окончательной механической обработки для повышения стойкости броши подвергаются цианированию в цианистых ваннах с содержанием циана до 30% при температуре 530—550° С с выдержкой 6—10 мин.

Операцию протягивания выполняют на винтовых протяжных станках.

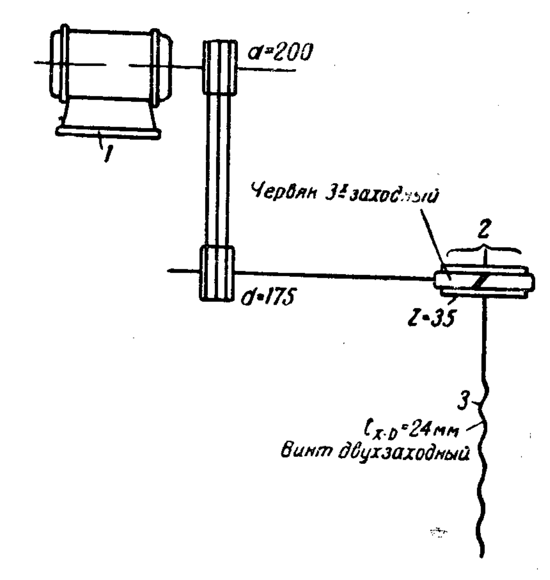
Общий вид и кинематическая схема одного из таких станков для протягивания стволов калибра 20—23 *мм* показаны на фиг. 117а и 117б.



Фиг. 117а. Общий вид протяжного станка завода им. Киркиж.

Габариты станка 6600×1300×1100.
Наибольший ход каретки 2000 *мм*.
Высота центров 90 *мм*.
Усилие протягивания 8 *т*.
Скорость рабочего хода 1,8 *м/мин*.
Мотор $N = 6$ *квт*, $n = 1000$ об/мин.
Станок снабжен шестеренным насосом.

Станок приводится в действие электромотором *1*, укрепленным к станине, и передает движение клиновыми ремнями через червячный редуктор *2* ходовому винту *3*. На одном валу с червяком смонтирована двухскоростная реверсивная муфта, обеспечивающая повышенную скорость холостого хода, что резко уменьшает вспомогательное время. Ходовой винт, вращаясь в гайке, закрепленной в каретке *4*, передвигает ее по направляющим станины *5*. Для улучшения поверхности канала под операцию образования нарезов методом дорнования брошь *6* закрепляют стеблем в патроне *7* и одновременно сообщают ей вращение (один оборот на пути, равном шагу нарезов канала ствола) при помощи копирной линейки *8*, аналогично описанному в стволонарезном станке.



Фиг. 117б. Кинематическая схема протяжного станка завода им. Киркиж.

Ствол *9* казенной частью вставляется в патрон упора *10*, неподвижно закрепленного на станке; дульный конец зажимается тисками *11*. Как в конце рабочего, так и в конце холостого ходов каретка автоматически останавливается в положениях, устанавливаемых электрическими переключателями *12*.

Жидкость, нагнетаемая насосом, по трубопроводу *13* поступает в полость упора *10* и через зазоры между стенками канала и направляющей части протяжки идет к режущим кромкам.

В качестве охлаждающей жидкости применяют эмульсии с 20—30%-ным содержанием эмульсола.

Винтовые броши в настоящее время проходят испытания для операции образования нарезов в канале ствола. Направляющая часть таких брошей (фиг. 117в) имеет форму канала ствола, а на рабочей и калибрующей частях образованы зубья, равные по ширине нарезов и смещенные в соответствии с шагом нарезов в канале ствола.

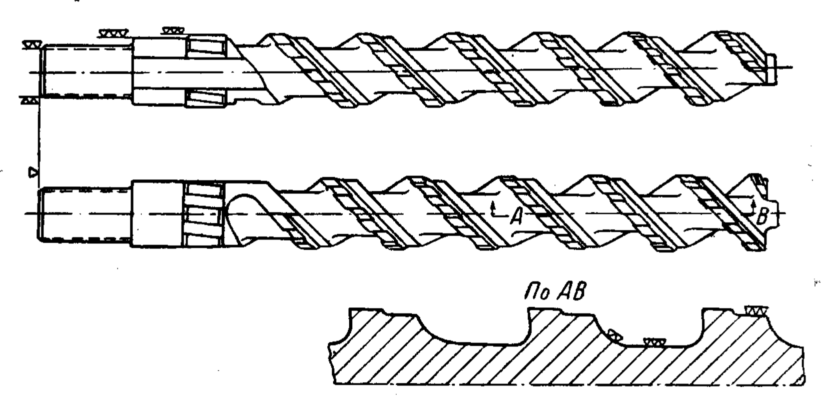
В американской промышленности для протяжки нарезов применяют кольцевые броши с зубьями, расположенными также по винтовой линии, шаг которой соответствует шагу нарезов.

Для срезания припуска как при гладком протягивании, так и

особенно в операции образования нарезов протяжкой применяют комплект брошей.

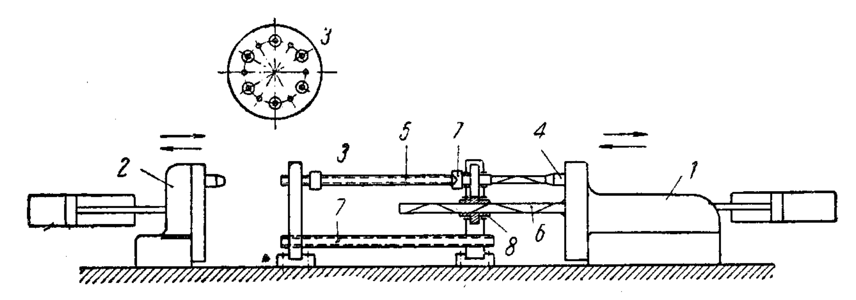
Работа на протяжных станках, рассмотренных выше, малопроизводительна вследствие затрат времени на смену брошей, последовательность применения которых определяется их размерами.

Кроме того, описанные станки не способствуют улучшению чистоты поверхности канала при протягивании вследствие неспокойной работы.



Фиг. 117в. Винтовая брошь для протягивания нарезов каналов стволов.

Фирма Лапойнт выпускает специальные станки для протягивания нарезов канала ствола, которое производится последовательно пятью брошами, автоматически сменяющимися. Все пять брошей одновременно протягивают пять стволов. Эти же станки применяются для гладкой протяжки канала ствола взамен операции развертывания. Станок снабжен гидравлическими приво-



Фиг. 117г. Схема шестишпиндельного стволопротяжного станка фирмы Лапойнт.

дами как для главного, так и для всех вспомогательных движений.

Основными частями станка (фиг. 117г) являются: станина, передняя бабка *1*, задняя бабка *2* и поворотное приспособление *3*. Передняя бабка имеет шесть патронов, расположенных по

окружности для закрепления брошей, которым при перемещении бабки вправо сообщается главное движение, а при перемещении влево — установочное. Задняя бабка осуществляет установочные движения протяжки.

Поворотное приспособление имеет вид барабана с шестью позициями для установки и закрепления стволов *5*, которые при протягивании получают вращение соответственно шагу нарезки канала ствола. Вращение стволов осуществляется при помощи центрального спирально-шлицевого вала *6* и шестеренных передач, приводящих во вращение полые патроны *7*. В промежутке между позициями для закрепления стволов барабан имеет шесть промежуточных специальных трубок *7*, направляющих броши при их установочном движении. Работа станка проходит в следующем порядке.

Устанавливают и закрепляют при помощи патронов *7* пять стволов, при этом передняя и задняя бабки находятся в крайних задних положениях (в крайних левых). В патронах задней бабки закрепляют пять брошей, расположенных в порядке по размерам.

При движении задней бабки в переднее положение (вправо) стебли брошей проходят через каналы стволов к патронам передней бабки, при этом при входе хвостовиков в патроны передней бабки кулачок на задней бабке действует на переключатель, вследствие чего приводится в действие механизм, замыкающий броши. Одновременно с этим передняя бабка начинает перемещаться вправо, тем самым сообщая брошам главное движение. При движении передней бабки спирально-шлицевой вал заставляет вращаться гайку *8* и далее через систему шестеренных передач вызывает вращение стволов, скорость которого соответствует шагу нарезов канала ствола. По окончании рабочего хода барабан со стволами поворачивается на $^1/_{12}$ оборота, в результате чего броши устанавливаются против направляющих трубок *7*, после чего передняя бабка начинает движение влево. Движение продолжается до захвата брошей патронами задней бабки, после чего броши, перемещаясь с задней бабкой влево, выходят из трубок поворотного приспособления.

Барабан после выхода брошей поворачивается еще на $^1/_{12}$, и цикл работы повторяется.

Глава VII

ОБРАЗОВАНИЕ НАРЕЗОВ В КАНАЛЕ СТВОЛА

§ 40. Способы образования нарезов в канале ствола

Операция образования нарезов в канале ствола является одной из ответственнейших, так как после ее выполнения ствол получает по сечению канала окончательные размеры с требуемой точностью, необходимую чистоту поверхности канала и требуемую крутизну винтовой линии нарезов. Это заставляет особенно вни-

мательно подготавливать операцию, настраивать станки, заправлять инструменты.

Подготовка стволов к операции по образованию нарезов, а также и последующие заключительные операции окончательной отделки нарезной части канала ствола определяются принятым способом образования нарезов. В современной практике оружейного производства применяют два принципиально отличных способа образования нарезов в канале ствола, а именно: строгание и выдавливание нарезов.

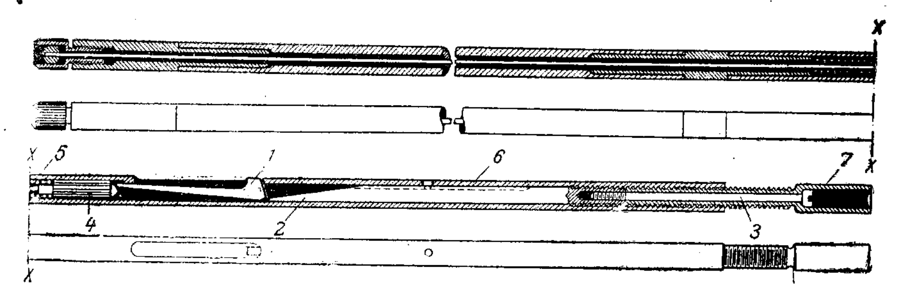
При первом способе нарезы получаются снятием стружки, а при втором — путем сообщения металлу пластической деформации. Образование нарезов путем выдавливания разработано в последние годы и получает широкое применение как наиболее производительное и экономичное.

§ 41. Строгание нарезов

Для строгания нарезов применяют шпаллер или брошь.

В зависимости от применяемого инструмента операцию образования нарезов называют строганием нарезов шпаллером или протягиванием нарезов брошью.

Различают следующие конструкции шпаллеров. Они бывают крючковые и щеточные. *Крючковый шпаллер* применялся ранее щеточного шпаллера; его изготовляли вначале с одним резцом (крючком), а затем с двумя и т. д.

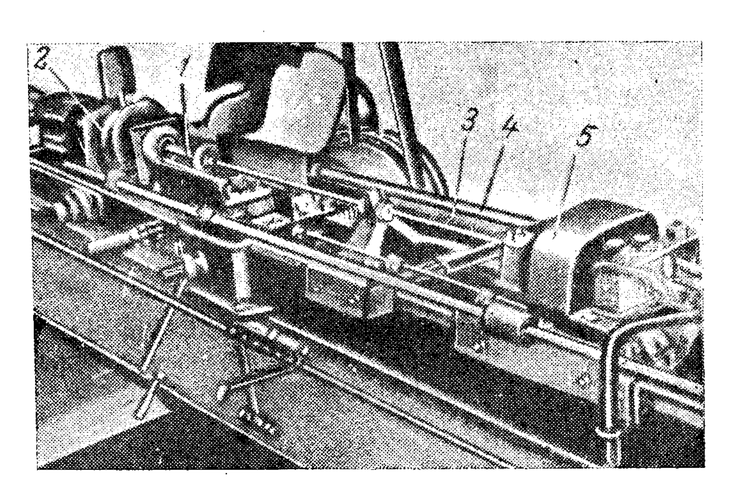


Фиг. 118. Крючковый шпаллер.

Устройство крючкового шпаллера с одним резцом представлено на фиг. 118. Основными деталями его являются: крючкообразный резец *1*, клин *2*, механизм для перемещения клина *3*, конус *4*, пружина конуса *5*, трубка *6*, служащая основой для всех элементов шпаллера, и тягло *7*. Клин осуществляет подачу резца. При перемещении клина с помощью механизма *3* по направлению к головке резца происходит подъем последней и выход режущей части за поверхность трубки на величину, определяемую толщиной снимаемой стружки. Конус с пружиной предназначен для установки головки резца при обратном ходе шпаллера, чтобы устранить трение режущей кромки о поверхность и уменьшить

износ ее. При обратном ходе шпаллера пружина надвигает конус на хвост крючка, вследствие чего режущая кромка его входит в трубку.

Однокрючковый шпаллер при движении по каналу строгает один нарез. Вследствие этого после каждого прохода ствол поворачивается для строгания очередного нареза с установленным выходом режущей кромки. После прохода по всем нарезам производят подачу резца в радиальном направлении, определяющую толщину стружки, а цикл работы повторяется до образования нарезов глубины. Эти условия работы обусловливают весьма низкую производительность однокрючкового шпаллера. В нашей оружейной промышленности этот инструмент в настоящее время не употребляют, но он находит еще применение в английской промышленности при изготовлении стволов пулемета Брен[1].



Фиг. 119. Установка для нарезания ствола.

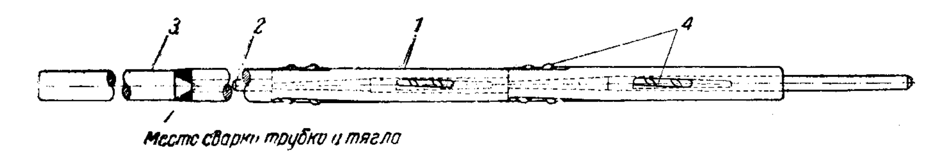
Для строгания шпаллером применяют стволонарезной станок (фиг. 119), в котором ствол *1* крепится в передней бабке, снабженной делительным кольцом *2*, при помощи которого ствол поворачивается на 60° (шесть нарезов в канале) после прохода каждого нареза. Тягло *3* шпаллера зажимается в патроне салазок *5*, которые совершают поступательно-возвратное движение. Вращение по винтовой линии сообщается инструменту посредством штанги-копира *4*, имеющей винтовой паз, и пары шестерен, из которых одна посажена по скользящей посадке на копир, а вторая жестко соединена со шпаллером. Первая шестерня имеет палец, входящий в паз копира; при движении по копиру палец скользит в пазу, вследствие чего шестерня вращается и вращает вторую шестерню, посаженную на шпаллер. Работа производится методом на растяжение, при котором шпаллер испытывает

[1] См. Обзор иностранной техники, Технология военных производств, Оборонгиз, 1941 г. Вып. 1.

растяжение и кручение. Нарезы, как правило, нарезают со стороны патронника.

Следует заметить, что при резании крючковым резцом угол резания и задний угол меняются после каждой подачи.

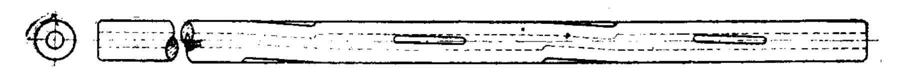
Щеточный шпаллер (фиг. 120) состоит из трубки *1*, клина *2*, тягла *3* и щеток *4*. Для строгания нарезов в каналах стволов стрелкового оружия обычно применяют восемь щеток.



Фиг. 120. Общий вид щеточного шпаллера.

Трубка шпаллера (фиг. 121) является основной деталью, на которой собираются другие детали шпаллера. При строгании трубка шпаллера подвергается растяжению; поэтому ее изготовляют из ствольной стали, используя для этого, как правило, бракованные стволы, термически их обрабатывая (твердость до $R_c = 45-50$).

Наружную поверхность трубки шлифуют, причем наружный ее диаметр должен быть равен диаметру отверстия ствола после предшествующей операции; посадка же принимается $Ш_3$ по системе отверстия, что обеспечивает свободное перемещение трубки в канале и хорошее направление движения шпаллера. Длина трубки зависит от числа собираемых в ней щеток и их размеров. Расстояние между окнами, в которых помещаются щетки, зависит от числа нарезов, строгаемых за один проход, и от шага

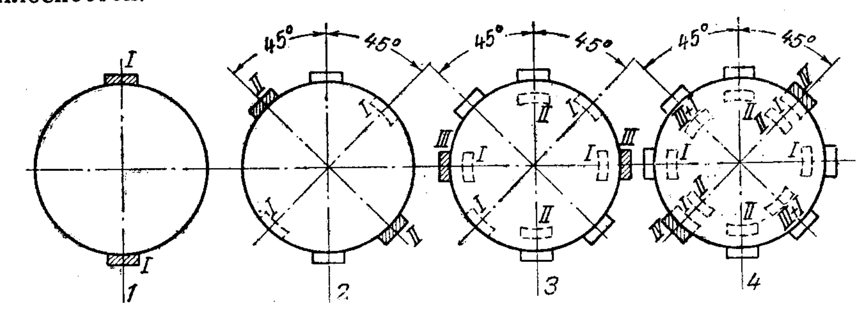


Фиг. 121. Трубка шпаллера.

винтовой линии нарезов. Например, для трубки восьмищеточного шпаллера, строгающего восемь нарезов за один проход, расстояние между окнами равно $^1/_8$ шага винтовой линии нарезов; для шпаллера той же конструкции, но строгающего четыре нареза за один проход, расстояние между окнами также равно $^1/_8$ шага винтовой линии нарезов; каждый нарез при этом образуется двумя щетками.

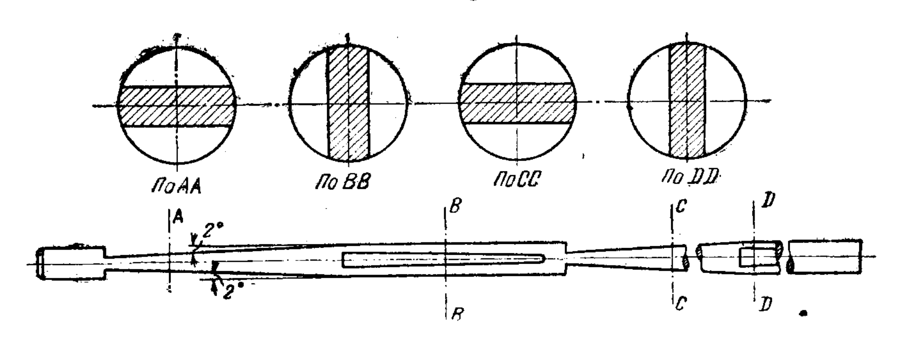
На фиг. 122 приведена схема расположения канавок, образуемых за один рабочий ход восьмищеточного шпаллера при нарезке восьми нарезов. В приведенных схемах прямоугольники, расположенные снаружи окружности, показывают положение канавок после первого прохода шпаллера, а прямоугольники внутри

окружности показывают взаимное расположение резцов при условии продвижения шпаллера на $^1/_8$ шага вперед по винтовой линии. На фиг. 123 изображен клин шпаллера и расположение его плоскостей.



Фиг. 122. Схема расположения канавок.

Окна для щеток прорезают по винтовой линии и под определенным углом наклона к оси ствола. Чтобы избежать попадания стружки под щетку шпаллера на наклонную плоскость клина, ширину и длину окна трубки принимают равной ширине и длине щетки, сопряжение которых устанавливается по скользящей посадке второго класса точности $\frac{A}{C}$.



Фиг. 123. Клин шпаллера.

Окна, будучи смещенными друг относительно друга (для первого рассмотренного примера на 90°, для второго — на 45°), располагаются по винтовой линии под некоторым углом Θ к оси ствола. При этом угол Θ не является углом наклона винтовой линии расположения окон, а представляет собою угол наклона продольной оси резца к оси трубки шпаллера по проекции винтовой линии с наружного диаметра трубки на плоскость, проходящую через продольную ось трубки.

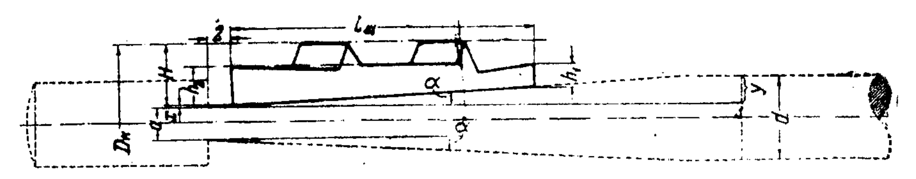
Канал для помещения клина в трубке должен быть строго концентричен наружной поверхности.

К одному из концов трубки шпаллера приваривается (автогенной сваркой) тягло, диаметр которого меньше наружного диа-

метра трубки на 0,1—0,2 *мм*. Длину тягла подбирают такой, чтобы при полном проходе шпаллерной трубки через канал ствола зажим шпаллера не доходил до торца ствола.

Тягло изготовляют из стали 50 без термической обработки; оно должно быть строго прямолинейным.

Клин является опорой для щеток и предназначен также для подачи резцов на толщину снимаемой стружки с каждым проходом шпаллера. Вдоль клина для установки щеток сделаны плоскостные срезы, располагающиеся по винтовой линии, аналогично окнам в трубке шпаллера.



Фиг. 124. Определение высоты щетки шпаллера.

Угол наклона плоскостей 1°30′—2°. При этом угле лучше достигается регулировка автоматической подачи клина для подъема щеток с каждым проходом шпаллера, подача является не слишком резкой и, кроме того, размер a в сечениях клина (фиг. 123) получается достаточным для удовлетворения условиям прочности.

Для плавного движения клина в трубке при их сопряжении осуществляется посадка X_3. Клин изготовляют из калиброванного металла — сталь серебрянка 1,05% С без термообработки. Обращают особое внимание на чистоту плоскостей для щеток.

Каждая щетка шпаллера состоит из основания и двух резцов. При двух резцах стойкость инструмента повышается и поверхность нарезов получается более чистой. Ширину щетки делают равной ширине нареза, а длину — примерно $^1/_{16}$ шага винтовой линии нарезов в канале ствола. Размеры, определяющие толщину основания, подсчитывают таким образом, чтобы верхняя поверхность основания не выступала за наружную поверхность трубки, когда щетка поднята полностью клином, и чтобы после поднутрения основание не было ослаблено, особенно в тонком конце его, во избежание поломок резцов. Поднутрение к лезвиям делается для увеличения числа переточек и лучшего отвода стружки; угол поднутрения 8—10°.

Общая высота щетки определяется исходя из диаметра нарезаемого канала (фиг. 124).

Первоначальным положением щетки на плоскости клина обычно считается недоход ее примерно на 2 *мм* до уступа клина.

Тогда

$$x = 2\,\mathrm{tg}\,\alpha; \quad y = l\text{к}\,\mathrm{tg}\,\alpha.$$

Толщина перемычки у срезов клина будет

$$a = d - 2y.$$

Обозначая размер канала ствола перед строганием нарезов $D_к$, получим общую высоту щетки

$$H = \frac{D_к - a}{2} - x.$$

Окончательный размер канала по нарезам $D_н$ получится после подачи шпаллера по клину на длину

$$l = \frac{D_н - D_к}{2}\,\mathrm{ctg}\,\alpha.$$

Толщина основания щетки должна быть такой, чтобы при полном подъеме щетки вверх основание не выходило за пределы наружной поверхности трубки, т. е. чтобы расстояние от оси трубки до наиболее удаленной точки основания щетки было не больше

$$\sqrt{\frac{D^2 - b^2}{4}},$$

где D — наружный диаметр трубки шпаллера,

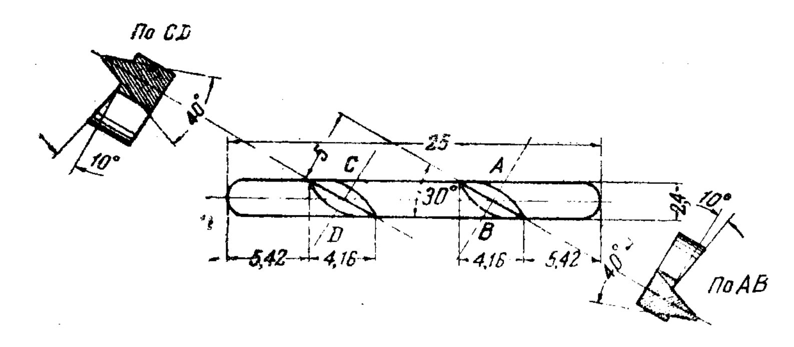
b — ширина нарезов.

Искомая наибольшая допустимая толщина основания щетки в тонком конце будет

$$h_1 = \sqrt{\frac{D^2 - b^2}{4}} - \frac{d}{2}.$$

Толщина толстого конца основания составит

$$h_2 = h_1 + l_щ\,\mathrm{tg}\,\alpha.$$

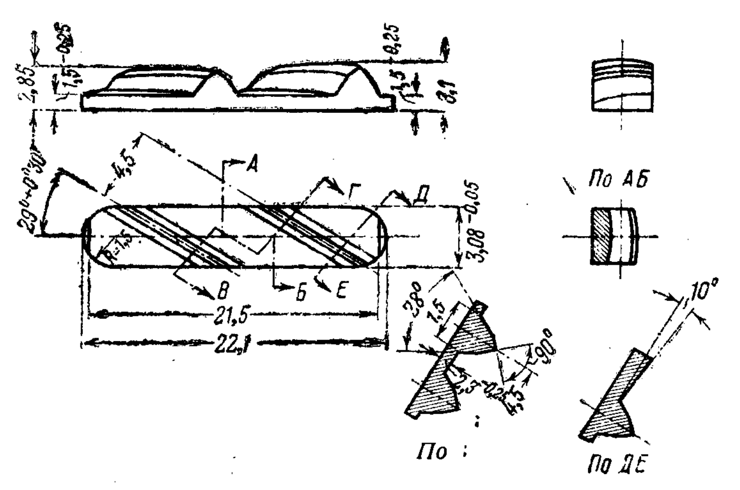


Фиг. 125. Щетка шпаллера.

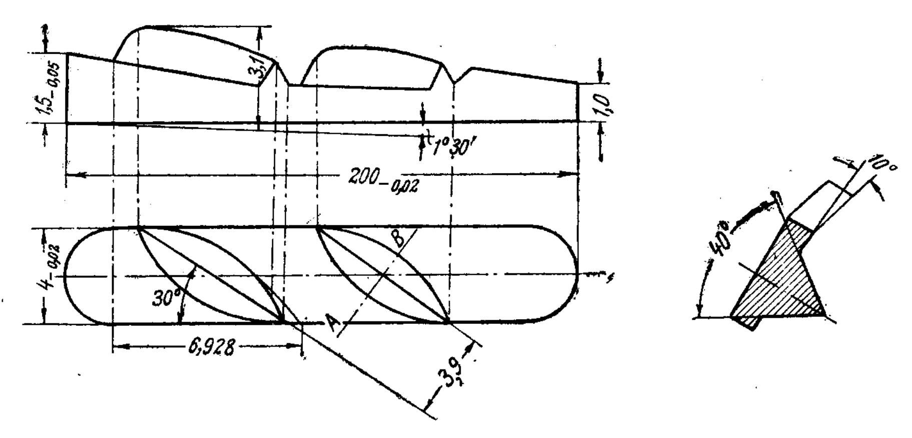
Конструкция щеток шпаллера для стволов калибра 12,7 *мм* показана на фиг. 125.

Угол заострения резцов — 40°; при этом передний угол отрицательный, а угол резания больше 90° (δ = 110°), вследствие чего резцы скоблят металл, давая весьма мелкую бархатную стружку, т. е. работа резцов происходит с шабрующим эффектом. Наивыгоднейшие величины угла заострения и угла наклона резца к оси щетки, 30° установлены исследованиями.

В последнее время на некоторых заводах для улучшения качества поверхности нарезов угол резания резцов увеличивают до $\delta = 135°$ при угле заострения режущей кромки $\beta = 90°$. Для эластичной работы щеток между их основаниями и плоскостями



Фиг. 126. Щетка для нарезания ствола 12,7 *мм*.



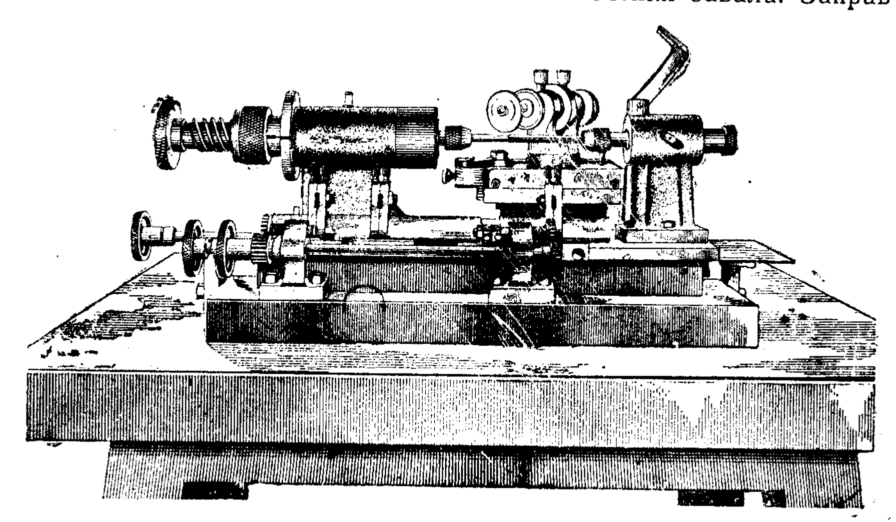
Фиг. 127. Щетка для нарезания ствола 7,62 *мм*.

клина ставят металлическую прокладку с тонкой бумажкой внутри, не размокающей в масле. Это дает примерно такой же эффект, как пружинные резцы, применяемые для окончательного чистового обтачивания. Размеры и конфигурация щеток для нарезания ствола калибра 12,7 *мм* (восемь нарезов) показаны на фиг. 126, а для нарезания ствола калибром 7,62 *мм* с четырьмя нарезами и шагом 240 *мм* — на фиг. 127.

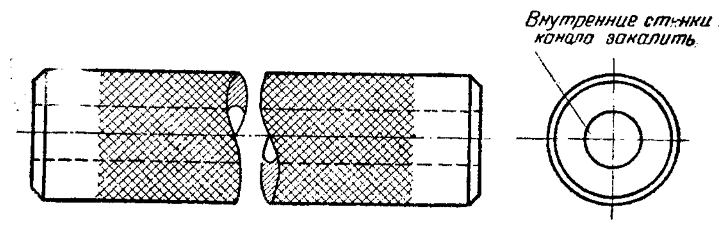
Щетки изготовляют из сталей FKC, ХВ5 и У12А. Лучшие результаты по стойкости, меньшему проценту брака и по чистоте поверхности дает сталь FKC, а затем ХВ5. Поэтому преимущественно употребляют для щеток сталь FKC, содержащую 0,5% Cr

и 7,33% W. Щетки термически обрабатывают (закалка и отпуск при низкой температуре), после чего их твердость составляет $R_c = 64—67$.

При затачивании резца на гребне его делают фаску 0,02—0,05 *мм*, для повышения стойкости и исключения завала. Заправ-



Фиг. 128. Станок для затачивания резцов щетки шпаллера.



Фиг. 129. Калибр („стволинка") для проверки шпаллера.

ляют резцы небольшими брусками типа Индия и Арканзас, чаще всего вручную, и поэтому точность углов и профиля зависит от опытности рабочего. Критерием затупления резца считается состояние поверхности нарезов.

В последние годы одна швейцарская фирма сконструировала станок для затачивания резцов щетки (фиг. 128).

Собранный после затачивания и доводки резцов шпаллер проверяют калибром-трубкой (фиг. 129), при этом особое внимание обращают на равномерный выход всех резцов щеток.

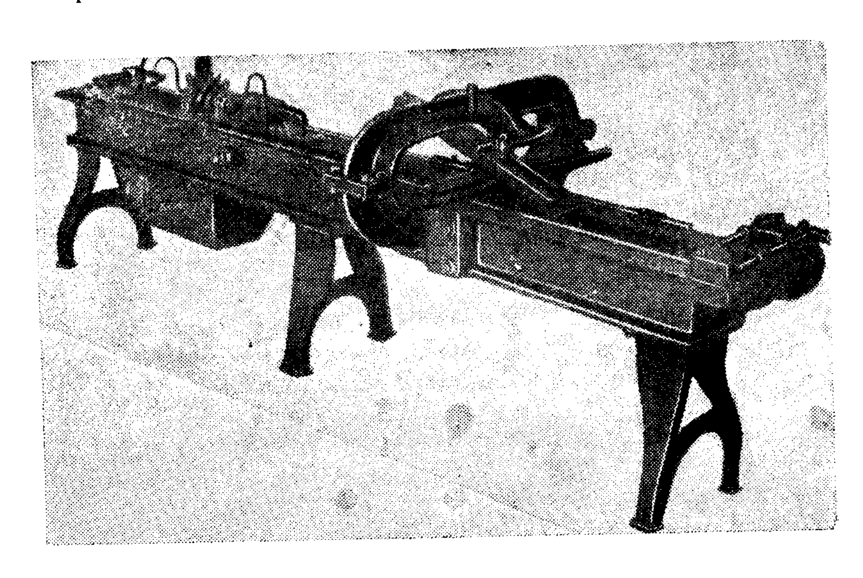
§ 42. Стволонарезные станки, применяемые для строгания нарезов шпаллером

Станки, применяемые для строжки нарезов в канале ствола, в зависимости от расположения шпинделей бывают горизонтальные и вертикальные. При этом первые чаще бывают одношпиндельные или двухшпиндельные, а вторые — многошпиндельные.

Создание вертикальных многошпиндельных станков вызвано стремлением повысить производительность, улучшить условия обслуживания и уменьшить площадь, занимаемую станком.

В зависимости от типа копира различают станки: 1) с плоскими копирами, 2) с винтовыми и 3) с копир-штангами, снабженными винтовыми канавками.

В настоящее время наиболее распространены двухшпиндельные горизонтальные стволонарезные станки с плоским копиром



Фиг. 130. Общий вид стволонарезного станка Пратт-Витней.

Пратт-Витней, Даймонд, Баррикан-Мар, Удмурт, отличающиеся незначительными конструктивными изменениями.

Во всех конструкциях стволонарезных станков возвратно-поступательное движение и вращательное по винтовой линии нарезов сообщается режущему инструменту (шпаллеру), а ствол закрепляется в приспособлении, которое после каждого двойного хода шпаллера поворачивается на определенный угол, определяемый числом нарезов и принятым методом нарезания.

Переключение с рабочего хода на холостой происходит автоматически; в некоторых станках (более новой конструкции) скорость холостого хода в два раза больше скорости рабочего хода.

Перемещение клина в трубке шпаллера для установления требуемой величины подачи производится также автоматически.

Автоматизация стволонарезных станков дает возможность одному рабочему обслуживать одновременно несколько станков, так как приходится только следить за очисткой резцов от стружки и проверять размер канала калибрами, чтобы определить момент окончания нарезания.

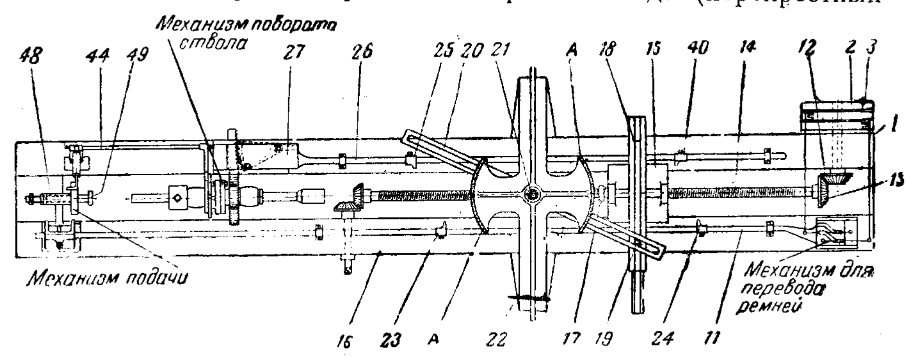
Наиболее старым и зарекомендовавшим себя станком для

строгания нарезов является станок Пратт-Витней (фиг. 130), характеризующийся следующими данными:

Габарит станка	4100 × 1300 × 1300 *мм*
Наибольшая длина нарезов	750 „
Наибольший шаг нарезки	440 „
Наименьший шаг нарезки	160 „

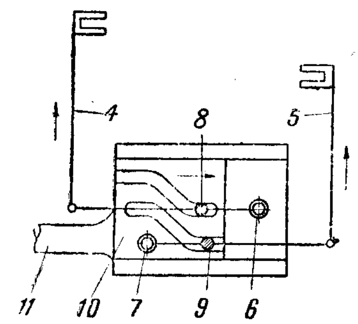
Основными частями и механизмами станка являются: станина, каретка, привод движения каретки, механизм для реверсирования рабочего и холостого ходов каретки, копир, механизм для закрепления и поворота ствола, механизм подачи клина шпаллера.

Станок (фиг. 131) получает движение от мотора при помощи двух ременных передач: прямого и обратного хода (перекрестный



Фиг. 131. Схема стволонарезного станка Пратт-Витней.

ремень). В соответствии с этим имеются три приемных шкива: шкив *1* — прямого (рабочего) хода, шкив *2* — обратного (холостого) хода и шкив *3* — холостой. При работе станка одна из ременных передач должна находиться на холостом шкиве. Переключение ремней для реверсирования движения каретки производится специальным механизмом (фиг. 132). Этот механизм состоит из вилки перекрестного ремня *4* (фиг. 131) и вилки прямого ремня *5*, концы коленообразных тяг которых присоединяются к пальцам *6* и *7*. Кроме того, к тягам вилок присоединены подвижные кулачки *8* и *9*, помещающиеся в пазах пластины *10*. При движении пластины *10*, соединенной с тягой *11*, вправо вследствие взаимодействия фигурных пазов и подвижных кулачков последние перемещаются вверх (по отношению к чертежу), а при движении пластины влево вилки перемещаются вниз, переключая ремни: в первом случае — перекрестной передачи с холостого шкива *3* на шкив обратного хода *2*, а прямой передачи — со шкива рабочего хода *1* на холостой шкив *3*; во втором случае — в первоначальное положение.



Фиг. 132. Механизм перевода ремней.

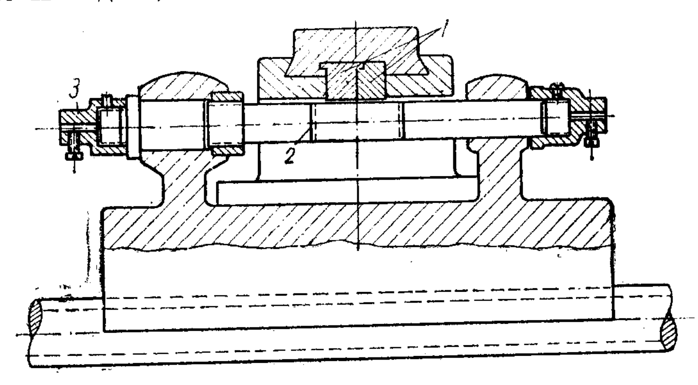
От приемных шкивов движение передается через конические шестерни *12* и *13* ходовому винту *14*. Ходовой винт станка, будучи постоянно соединен при помощи неразрезной гайки с кареткой *15,* сообщит ей поступательное движение, скорость которого определяется по формуле

$$v = n_м i_р i_з t_х a,$$

где $n_м$ — число оборотов в минуту электромотора;
$i_р$ — передаточное число ременной передачи;
$i_з$ — передаточное число конической шестеренной передачи;
$t_х$ — шаг ходового винта;
a — число заходов ходового винта.

Скорости рабочего и холостого ходов одинаковы и составляют обычно 6—7 *м/мин.*

Каретка станка, перемещающаяся по направляющим станины *16,* несет шпиндель, на одном конце которого укреплен патрон *17*



Фиг. 133. Шпаллерная бабка.

1—рейка; *2*—шестерня; *3*—патрон для шпаллера.

для зажимания тяги шпаллера, а на другом на шпонке насажена цилиндрическая шестерня, находящаяся в постоянном сцеплении с рейкой *18*.

В двусторонних станках образующие шестерню зубья нарезаны непосредственно на шпинделе (фиг. 133).

Чтобы по мере износа зубьев шестерни и рейки можно было устранять образующийся зазор, рейку обычно делают из двух частей, которые можно смещать друг относительно друга.

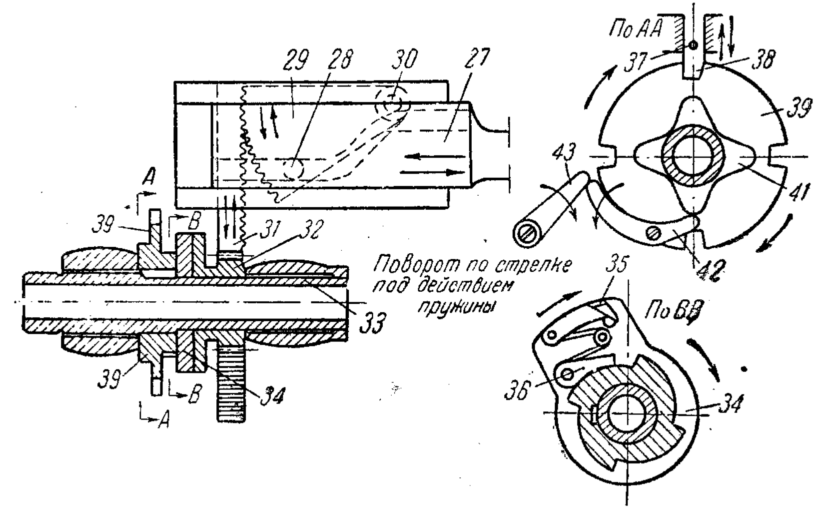
На верхней плоскости рейки укреплен палец *19* (фиг. 131), входящий в продольный паз плоского копира *20,* который болтом *21* прикреплен к неподвижному кронштейну станка *22*. Положение копира определяется углом поворота его по отношению к оси станка, соответствующему углу наклона винтовой линии нарезов в канале ствола. Его устанавливают по шкале, нанесенной на плоскостях *А* кронштейна.

Таким образом при поступательном движении каретки рейка совершает два движения: одно, продольное, вместе с кареткой от ходового винта и другое, перпендикулярное первому, от копира; вследствие этого шпиндель совершает также два движения: поступательное и вращательное — от рейки через шестерню.

Соотношение между поступательным и вращательным движением должно быть таким, чтобы резцы шпаллера описывали винтовую линию с шагом, равным шагу нарезки в канале ствола. Для этого необходимо копир установить под углом α к оси станка, определяемым по формуле

$$\alpha = \operatorname{arc\,tg} \frac{z\pi m}{S},$$

где z — число зубьев шестерни, укрепленной на шпинделе каретки *15*;
m — модуль зацепления шестерни и рейки;
S — шаг винтовой линии нарезов в канале ствола.



Фиг. 134. Механизм поворота ствола.

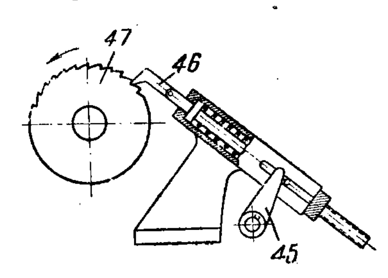
Допуск на установку угла α, зависящий от величины допуска на шаг нарезки, составляет

$$\delta\alpha = \operatorname{arc\,tg} \frac{z\pi m}{S_{\min}} - \operatorname{arc\,tg} \frac{z\pi m}{S_{\max}}.$$

Механизм для реверсирования движения каретки приводится в действие при помощи упоров *23* и *24*, устанавливаемых на тяге *11* таким образом, чтобы каретка при рабочем или холостом ходах упиралась в них в момент полного выхода резцов шпаллера из нарезаемого канала.

Поворачивание ствола после каждого двойного хода каретки производит специальный механизм. При движении каретки влево (холостой ход) она встречает на своем пути упор *25,* укрепленный на тяге *26*, вследствие чего тяга вместе с пластиной *27* начнет также перемещаться влево. В криволинейном пазу этой пластины (фиг. 134) помещается палец *28* зубчатого сектора *29,*

поворачивающегося вокруг оси *30*. С зубчатым сектором *29* сцеплена рейка *31*, продольное перемещение которой вызывает вращение шестерни *32*, свободно сидящей на пустотелой втулке *33*. Внутрь этой втулки вставляется и закрепляется нарезаемый ствол. Вращение шестерни *32* передается диску *34*, скрепленному или составляющему одно целое с шестерней; на диске укреплены две собачки *35* и *36*. При повороте диска собачка *35* нажимает своей скошенной плоскостью на штифт *37* и поднимает стопор *38*, выводя его из зацепления с диском *39*. Тогда диск поворачивается собачкой *36*. По окончании поворота диска *39* стопор *38* входит в следующий вырез на диске (обычно четыре выреза под углом 90° друг к другу) и фиксирует его положение. Так как диск *39* укреплен на втулке неподвижно, то поворачивается втулка, а с ней и ствол. Момент поворота ствола соответствует переключению движения каретки с холостого хода на рабочий.



Фиг. 135. Механизм подачи резцов.

При рабочем ходе каретка встречает на своем пути упор *40*, вследствие чего сектор, рейка и шестерня с диском *34* возвращаются в свое первоначальное положение.

Одновременно с поворотом ствола происходит выдвигание резцов шпаллера на установленную глубину под действием специального механизма подачи.

Позади диска *39* помещается скрепленная со втулкой звездочка *41*, которая через рычаги *42* и *43*, тягу *44* и рычаг *45* передает качание собачке *46* храпового колеса *47* (фиг. 135). В храповое колесо ввинчен винт *48*, который сидит на шпонке и может перемещаться только прямолинейно. При вращении храпового колеса винт выдвигается на требуемую величину. Клин шпаллера в конце движения упирается в головку винта *49* и вследствие этого вдвигается в трубку шпаллера, поднимая щетку на соответствующую величину, которую определяют по формуле

$$h = \frac{z_c}{z_x} t \cdot \operatorname{tg} \beta ,$$

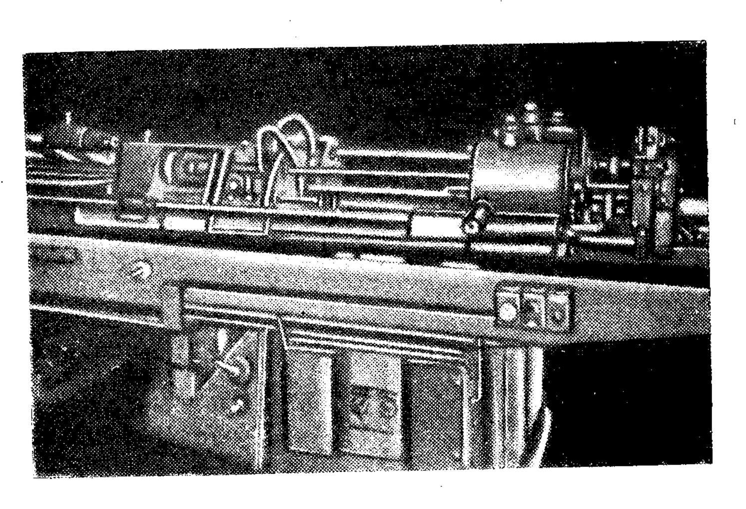
где z_x — число зубьев храпового колеса;
z_c — подача в зубьях храпового колеса;
t — шаг резьбы винта *48*;
β — угол наклона плоскостей у клина.

Описанные выше стволонарезные станки предназначены для обработки стволов с четным числом нарезов. Станки для стволов с нечетным числом нарезов отличаются только механизмом, выдвигающим щетку (резец).

Вертикальные 12-шпиндельные станки для строгания нарезов в каналах винтовочных стволов фирмы Bauch Machine Tool Co отличаются тем, что шпаллерная головка двигается вверх со скоростью 12 *м/мин*, совершая при этом вращательное движение под действием копира и реечной передачи. Обратный ход вниз происходит со скоростью 24 *м/мин*. Когда шпаллер занимает исходное положение, ствол поворачивается на 90° (при четырех нарезах в стволе) для образования очередного нареза.

Индексирующий механизм кинематически связан с механизмом, устанавливающим резец на глубину резания.

Станок приводится в действие электромотором 7,5 *л. с.* и занимает площадь 3,4×0,9 *м*.


Фиг. 136. Установка для нарезания пулеметных стволов на сдвоенном гидравлическом станке Ex-Cell-O

Гидравлический горизонтальный двухшпиндельный станок Ex-Cell-O (Америка) для строгания нарезов в каналах стволов имеет ту особенность, что каждая шпаллерная головка соединена со своим ходовым винтом. Шаг ходовых винтов равен шагу нарезов. Возвратно-поступательное движение сообщается салазкам шпаллеров при помощи гидравлической передачи. При поступательном движении ходовые винты, а следовательно, и шпаллерные головки получают одновременно и вращение, благодаря тому что в винтовые пазы входят ролики, имеющиеся в неподвижных подшипниках, сквозь которые проходят оба винта.

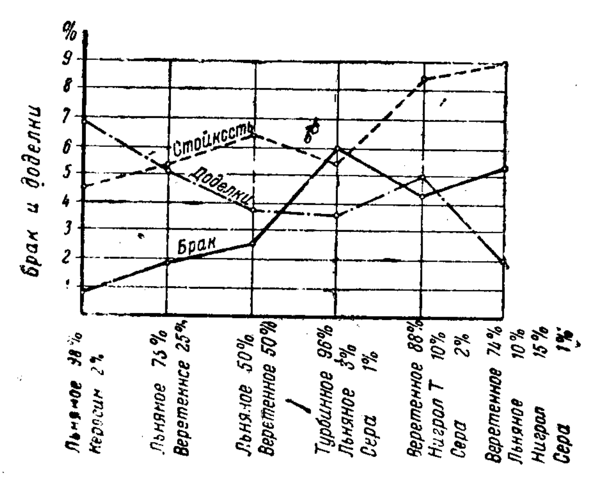
После каждого прохода шпаллера ствол поворачивается при помощи делительного механизма (на фиг. 136 — справа) на угол, величина которого зависит от числа нарезов. Толщина стружки, снимаемой крючковым резцом, составляет 7,5 μ. После выхода из ствола шпаллер проходит под щеткой, вращаемой электромотором, которая очищает его от стружки.

§ 43. Режимы резания и смазывающие жидкости

В результате исследований, проведенных на оружейных заводах, установлено, что наивыгоднейшей скоростью резания (для рассмотренных выше конструкций и материалов резцов шпаллера), обеспечивающей требуемую чистоту поверхности нарезов, наибольшую производительность и наименьшую стоимость детали, является $v = 6—6,5$ *м/мин* при подаче (3—4 зуба храповика) $S = 0,00288—0,00384$ *мм*/дв. ход.

Увеличение скорости резания приводит к значительному увеличению брака и доделок.

Для получения более чистой поверхности, после того как нарезы сделаны требуемой глубины, шпаллер совершает несколько ходов без подачи, снимая при этом все оставшиеся неровности.



Фиг. 137. Влияние охлаждающей жидкости на количество брака и доделок.

На некоторых заводах для повышения производительности применяли прогрессивно-регрессивный метод подачи резцов. При этом в начале нарезания устанавливали подачу на два зуба храповика, а затем ее увеличивали до пяти зубьев. При приближении глубины нарезов к заданной подача автоматически уменьшалась до нуля. Однако этот метод не оправдал затрат, связанных с введением в станок дополнительных приспособлений.

В качестве смазывающе-охлаждающей жидкости на заводах долгое время употребляли растительное масло, обеспечивающее получение чистой поверхности, однако его дефицитность и сравнительная дороговизна требуют изыскания заменителей.

Данные о применении при нарезании различных жидкостей приведены на фиг. 137, где по оси ординат показаны брак, доделки и стойкость шпаллера в условных единицах.

После строгания нарезов щеточным шпаллером на тех же станках строгают поля. Ширина щетки шпаллера, применяемого для строгания полей, несколько больше ширины поля.

§ 44. Основные дефекты при строгании нарезов шпаллером

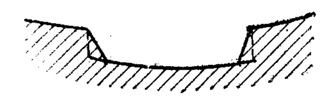
При строгании нарезов и полей получаются следующие основные дефекты:

1. «Струистость», т. е. продольные царапины (наподобие «волосовин» при протяжке), основной причиной образования которых является налипание частиц металла на режущие кромки резцов шпаллера.

2. Надиры, как правило, приводящие к браку изделия, получаются вследствие выкрашивания режущих кромок.



Фиг. 138. „Подзорины“. Фиг. 139. Неподбор кромок.



Фиг. 140. Развал кромок.

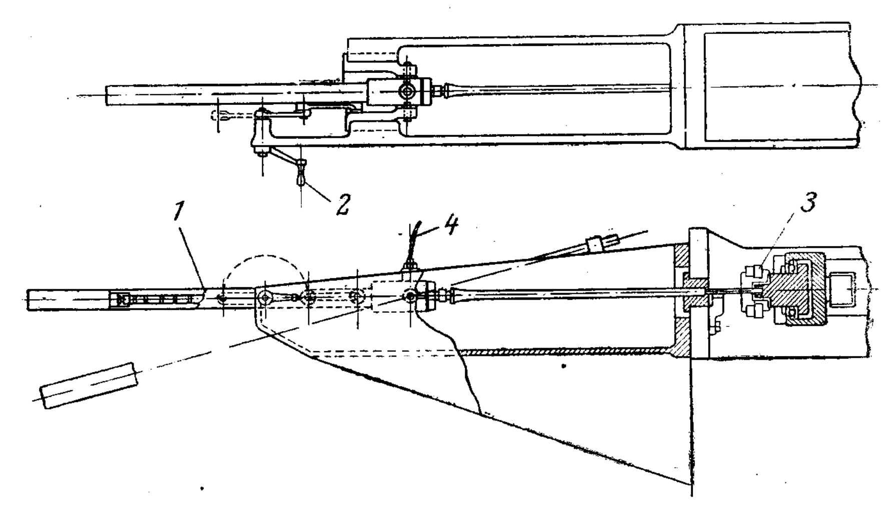
3. «Подзорины» (фиг. 138) характеризуются наличием уступов на кромках нарезов.

4. Неподбор кромок, т. е. различная высота кромок нареза (фиг. 139), зависит от неправильной заправки шпаллера.

5. Развал кромок (фиг. 140) — это нарушение угла между кромками соседних нарезов вследствие плохой заправки шпаллера.

§ 45. Образование нарезов протягиванием броши

Этот метод в настоящее время мало распространен для обработки стволов, так как трудно разработать конструкцию броши, которая могла бы обеспечить требуемую чистоту поверхности при

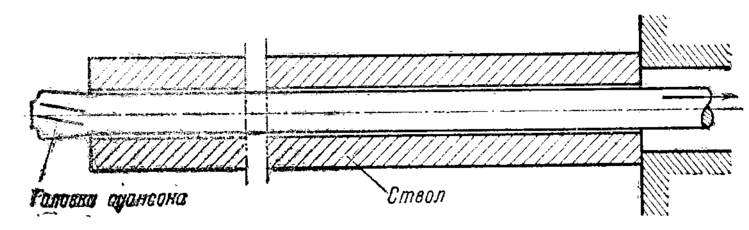


Фиг. 141. Установка для нарезания пулеметных и винтовочных стволов на протяжном станке Oil-Year.

нормальном выводе стружки. Протягивание нарезов брошью применяют в США. Для этого фирма Oil-Year приспособила гидравлический горизонтальный протяжной станок (фиг. 141). Брошь снабжена винтообразно расположенными зубьями и при движении по каналу вращается. Для установки ствола станок снабжен качающимся приспособлением *1*, которое при загрузке ставят наклонно, затем поворачивают в горизонтальное положение, продвигают вправо и поворотом рукоятки *2* зажимают. Для протягивания броши через канал ствола применена шарнирная тяга, конец которой зажимается в патроне, монтированном на упорном шарикоподшипнике протяжного супорта, хомутиком *3*. Смазывающе-охлаждающая жидкость подводится по шлангу *4*.

§ 46. Образование нарезов в канале ствола путем выдавливания (дорнование)

Получение нарезов в канале ствола путем строгания их щеточным шпаллером малопроизводительно, требует дорогого инструмента и рабочих высокой квалификации. Вследствие этого данная операция всегда являлась узким местом в ствольном производстве, нередко лимитирующим выполнение программы, почему вопрос о замене щеточного шпаллера новым более эффективным инструментом особенно актуален.



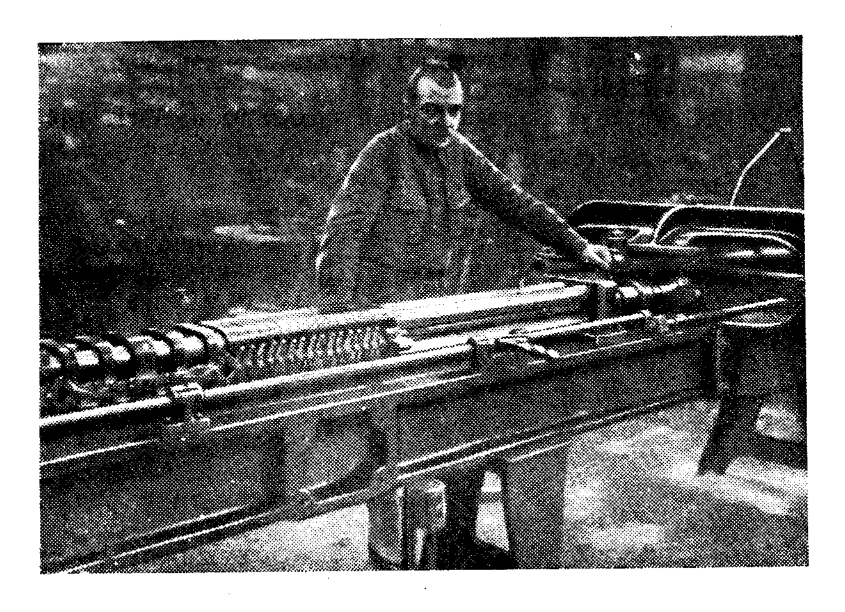
Фиг. 142. Схема протягивания пуансона через канал ствола.

В 1929 г. в Германии был запатентован метод образования нарезов путем протягивания через канал ствола специального инструмента — пуансона, имеющего головку с выступами, вследствие чего происходит выдавливание нарезов (фиг. 142).

Применение этого метода для стволов мелкого калибра и небольшой длины показало возможность добиться значительного производственного эффекта. Исследование этого метода дало результаты, которые позволили внедрить его в ствольное производство.

Инструмент, применяемый для образования нарезов указанным способом, называется пуансоном или дорном. В соответствии с этим и операцию по образованию нарезов именуют на заводах «протягивание нарезов пуансоном» или «дорнование» (фиг. 143)[1].

[1] На фиг. 143 изображен станок для дорнования и инж. М. С. Лазарев, который в результате многолетней работы добился внедрения дорна в производство стволов калибра 7,62—23 *мм* для выдавливания нарезов. Данные его работ использованы для настоящего труда.



Фиг. 143. Стволопротяжный станок инж. Лазарева.

§ 47. Исходные факторы для правильной постановки операции дорнования

Образование нарезов способом дорнования основано на деформации металла в момент движения пуансона, имеющего выступы для выдавливания нарезов и канавки между выступами для образования полей по каналу ствола.

Явления, сопровождающие процесс дорнования, аналогичны автофретажу; при этом металл ствола большей частью получает частичную перегрузку.

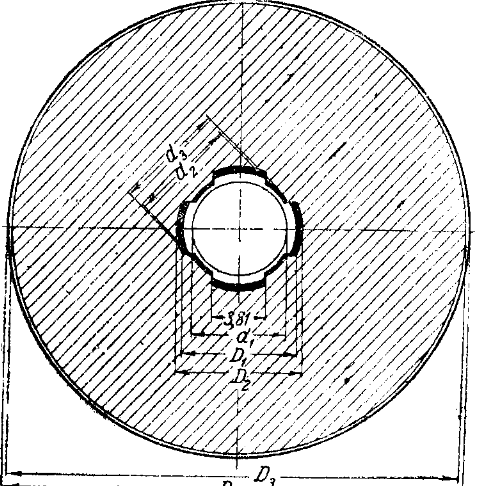
Известно, что при частичной перегрузке внутренние слои ствола, деформируясь сильнее, на некоторой глубине получают большие остаточные деформации, а следующие за ними наружные слои получают только упругие деформации. Таким образом полная деформация металла ствола, подвергнутого дорнованию, складывается из двух частей — из остаточной и упругой; ствол после дорнования остается в напряженном состоянии.

Следует иметь в виду, что величина полной деформации металла ствола после дорнования не равна той деформации, которую он получает в момент дорнования.

Величина деформации металла в момент дорнования всегда больше остаточной деформации на величину упругой деформации, которая исчезает после снятия нагрузки. Эту упругую деформацию в отличие от вышеуказанной части полной деформации можно назвать «исчезающей» деформацией после дорнования.

Размеры пуансона всегда больше тех размеров канала ствола, которые должны быть получены в результате дорнования, на величину исчезающей деформации.

Величины указанных деформаций показаны на фиг. 144. причем приняты следующие обозначения:



Фиг. 144. Упругие и остаточные деформации при дорновании.

d_1 — диаметр канала ствола до дорнования;

d_2 — диаметр канала ствола по полям после дорнования;

D_1 — диаметр канала ствола по нарезам;

d_3 — диаметр дорна по канавкам между выступами;

D_2 — диаметр дорна по выступам;

D_3 — наружный диаметр ствола до дорнования;

D_4 — наружный диаметр ствола после дорнования.

В соответствии с этими размерами укажем значения деформаций, получаемых опытными стволами калибра 7,62 *мм* при дорновании.

Величина исчезающей после снятия нагрузки деформации

$$d_3 - d_2 = 0'',302 - 0'',300 = 0'',002;$$
$$D_2 - D_1 = 0'',317 - 0'',312 = 0'',005.$$

Величины остаточной деформации после дорнования.

$$d_2 - d_1 = 0'',300 - 0'',293 = 0'',007;$$
$$D_1 - d_1 = 0'',312 - 0'',293 = 0'',019.$$

Увеличение наружного диаметра после дорнования

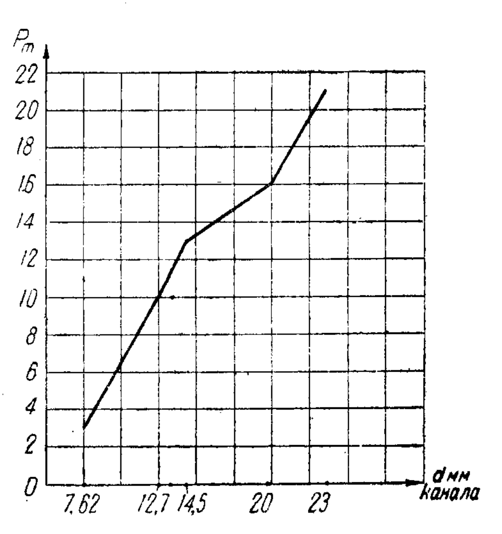
$$D_4 - D_3 = 22,1 - 22 = 0,1 \text{ мм}.$$

В результате протягивания через канал ствола не только образуются нарезы, но и происходит радиальная деформация металла по полям. Получаемые после дорнования размеры канала ствола в его сечении зависят от величины деформации и диаметральных размеров пуансона.

Величина деформации поверхности канала, при определенных размерах пуансона, зависит от качества металла ствола (марки стали, ее структуры и т. п.), наружного и внутреннего диаметров его и состояния поверхности канала перед дорнованием. Какой-

либо расчетной зависимости в виде формулы, связывающей указанные параметры, еще не получено, и размеры пуансона и заготовки подбирают опытным путем. Установление же правильных соотношений этих размеров при металле данного качества является одним из основных факторов, от которого зависит успешное проведение операции.

Размеры пуансона и заготовки зависят от прочности ствола. Поэтому стволу можно сообщать только такие деформации, при которых возникающие напряжения не превосходят временного сопротивления и тем самым не происходит образования трещин на поверхности канала ствола и разрушения его.



Фиг. 145. Изменение тягового усилия *P* при дорновании стволов различного калибра.

Металл ствола деформируется при перемещении дорна по каналу. Для сообщения движения дорну требуется приложить к нему определенное тяговое усилие. При больших деформациях тяговое усилие может быть столь велико, что поломается инструмент. В соответствии с этим при дорновании стремятся применять меньшее тяговое усилие, которое является таким образом не менее важным фактором успешного проведения операции.

Величина тягового усилия зависит не только от величин деформаций и качества металла, но также и от формы пуансона, скорости его движения и смазки, применяемой при дорновании.

Вместе с тем следует отметить, что с увеличением калибра ствола величина тягового усилия возрастает (фиг. 145) и при диаметре в 23 *мм* достигает весьма большой величины — 22—24 *т*[1].

Величина деформации металла по нарезам при дорновании ствола 14,5 *мм* равна 0,72 *мм*, а величина исчезающей деформации 0,18—0,25 *мм*. При 23-*мм* калибре величины этих деформаций много больше, вследствие чего и возрастает тяговое усилие.

В зависимости от величины тягового усилия дорнование можно проводить двумя методами: тянущим, когда пуансон протяги-

[1] Приведенный на фиг. 145 график построен при принятых в производстве условиях дорнования, установленной конструкции дорна и соотношении его размеров с размерами канала ствола.

вается через канал ствола (см. фиг. 148), и внапор, когда пуансон проталкивается (фиг. 146).

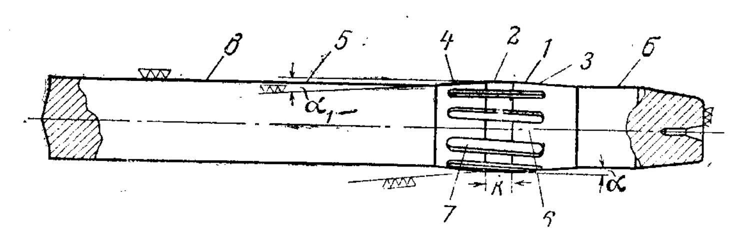
При внедрении дорнования нарезов в ствольное производство первый метод был применен раньше, но вскоре был заменен вторым, так как прочность стержня на растяжение далеко не отвечала величинам тяговых усилий.



Фиг. 146. Схема дорнования внапор.

§ 48. Конструкция пуансона

Современная конструкция пуансона, применяемого для образования нарезов, показана на фиг. 147. Основным рабочим элементом пуансона является головка *1*, образованная сопряжением двух конусов с цилиндром *2*. Передний конус *3* является заходным конусом; к нему прилегает передняя направляющая (для начального захода пуансона в канал) часть с зацентровкой. Задний конус *4* сопрягается с удлиненным хвостом *5*. Выступы *6* и впадины *7* образованы по винтовой линии, шаг которой не равен шагу нарезов.



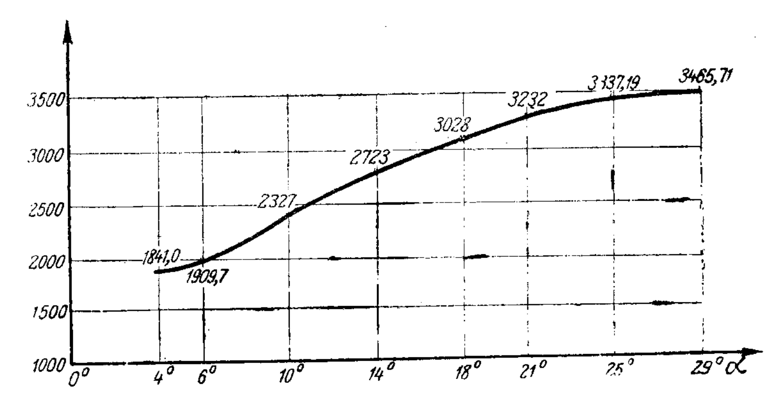
Фиг. 147. Пуансон.

Угол заходного конуса оказывает большое влияние на величину тягового усилия; величину этого угла подбирают опытным путем. Изменение тягового усилия в зависимости от изменения угла заходного конуса при дорновании стволов калибра 7,62 *мм* показано на фиг. 148. В производстве этот угол принимают $\alpha = 7°30'$; для стволов калибра 14,5 *мм* $\alpha = 5°$, а для стволов 20 *мм* $\alpha = 7°$.

Величина угла α_1 заднего конуса принята равной величине угла заходного конуса. Образование задней части головки на конус необходимо для уменьшения силы трения при дорновании и тем самым для уменьшения тягового усилия.

На фиг. 149 показано рабочее положение пуансона при движении его по каналу. На головку пуансона действуют силы N, fN

N_1, fN_1, N_2, fN_2, N_3 и fN_3. Под силами N, N_1 N_2 и N_3 подразумеваются реакции, возникающие на соответствующих поверхностях пуансона при его проталкивании; силы fN, $f_1 N_1$, $f_2 N_2$ и $f_3 N_3$ являются соответственно силами трения. Сила N зависит от величины деформации металла $(d_2 - d_1)$; силы N_1 и N_2 зависят от



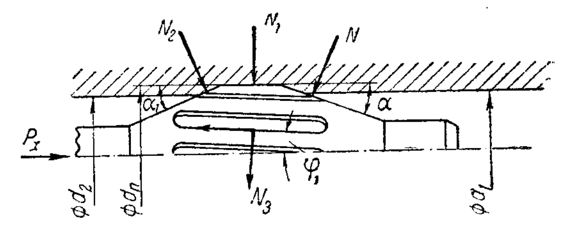
Фиг. 148. Влияние угла заходного конуса дорна на усилие протягивания.

величины упругих (исчезающих) деформаций $(d_n - d_2)$ (при данном металле и размерах трубы). Для сообщения движения пуансону необходимо, чтобы сила

$$p > N \sin \alpha + fN \cos \alpha + f_1 N_1 + f_2 N_2 \cos \alpha_1 - \\ - N_2 \sin \alpha_1 + N_3 \sin \varphi_1 + fN_3 \cos \varphi_1,$$

где $N \sin \alpha$ и т. д. являются проекциями равнодействующих сил по всей поверхности на ось ствола.

Силы $f_1 N_1$, $f_2 N_2 \cos \alpha_1$ и $N_2 \sin \alpha$ являются независимыми от угла заходного конуса. Согласно экспериментальным данным с увеличением α от $\alpha_{опт}$ возрастает тяговое усилие p, а возрастание его возможно при возрастании сил $N \sin \alpha$ и $N_3 \sin \varphi_1$. С уменьшением α от $\alpha_{опт}$ происходит также возрастание усилия p, но в этом случае возрастание его возможно за счет увеличения силы $fN \cos \alpha$ и $fN_3 \cos \varphi_1$. Поэтому при указанных выше оптимальных углах α должно иметь место равенство сил



Фиг. 149. Положение дорна при движении по каналу.

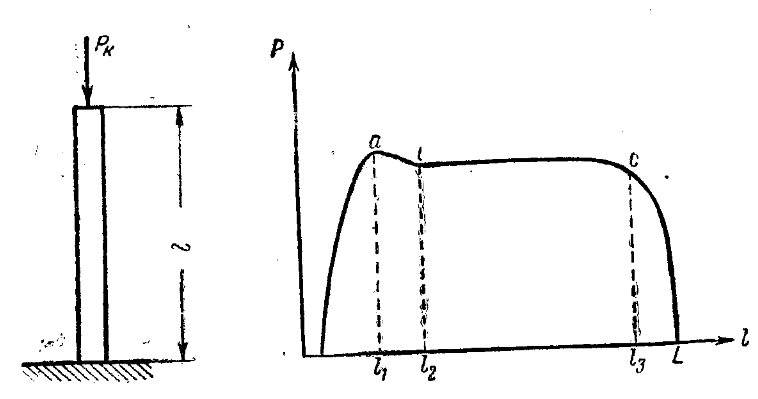
$$N \sin \alpha + N_3 \sin \varphi_1 = fN \cos \alpha + f_3 N_3 \cos \varphi_1.$$

Упругие деформации $(d_n - d_2)$, действуя на задний конус, способствуют его проталкиванию.

Приведенное неравенство вместе с тем показывает, что наличие цилиндрической части (фаски) в сопряжении конусов увеличивает тяговое усилие на величину $f_1 N_1$ и с этой точки зрения вообще является нежелательным. Однако эта фаска способствует повышению стойкости пуансона, почему в современных конструкциях ее сохраняют. Величина фаски выбрана 1,2—4 *мм*, в зависимости от калибра протягиваемого ствола.

Общая длина пуансона $L = 65—100$ *мм*.

Проталкивание пуансона по каналу ствола производится стержнем, который упирается в торец хвоста. Диаметр стержня выбирается соответственно диаметру канала ствола по полям при ходовой посадке.



Фиг. 150. Деформация стержня.

Фиг. 151. График изменения тягового усилия по длине ствола.

При проталкивании пуансона стержень подвергается продольному изгибу. Задний конец стержня опирается о стенку приспособления станка, а передний конец — в торец пуансона. При этих условиях деформация стержня (фиг. 150) подчиняется формуле Эйлера

$$P_k = \pi^2 \frac{EI}{l^2},$$

где P_k — критическая сила, при превышении которой происходит изгиб стержня;

l — длина стержня.

Полагая P_k равным тяговому усилию, можно найти диаметр стержня, при котором пуансон при проталкивании не будет изгибаться.

Примем $P_k = 12000$ *кг*; $l = 2300$ *мм*; калибр 14,5 *мм*.

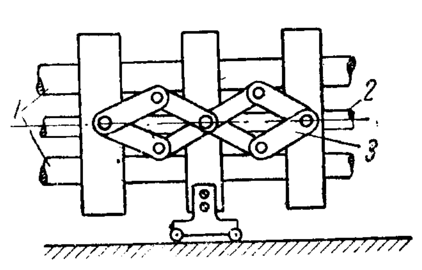
В таком случае

$$d = \sqrt[4]{\frac{64 \cdot P_k l^2}{2\pi^3 E}} \approx 32 \text{ мм},$$

т. е. диаметр стержня, который при данном тяговом усилии и

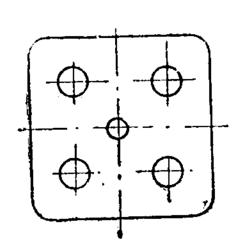
длине не будет изгибаться, значительно превосходит калибр ствола. Следовательно, при проталкивании пуансона стержень диаметром меньше 14,5 *мм* всегда будет изгибаться.

Следует указать, что величина тягового усилия несколько изменяется по длине ствола, как это примерно показано на фиг. 151. На участке до l_1 происходит заход пуансона, причем



Фиг. 152. „Непрерывный" люнет.

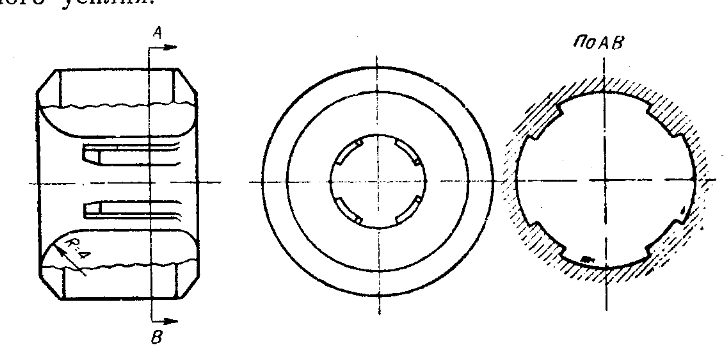
1—направляющие для люнетов, *2*—стержень; *3*—шарнирная связь.



Фиг. 153. Пластина „непрерывного" люнета.

тяговое усилие быстро возрастает до максимума, т. е. до точки a, отвечающей полному образованию профиля нарезов. На участке $l_1—l_2$ тяговое усилие несколько падает, что может быть объяснено появлением составляющей $N_2 \sin \alpha_1$. На участке $l_2—l_3$ имеет место установившееся движение пуансона, характеризующееся постоянством тягового усилия, наконец, на участке $l_3—L$ тяговое усилие падает, так как пуансон выходит из канала ствола.

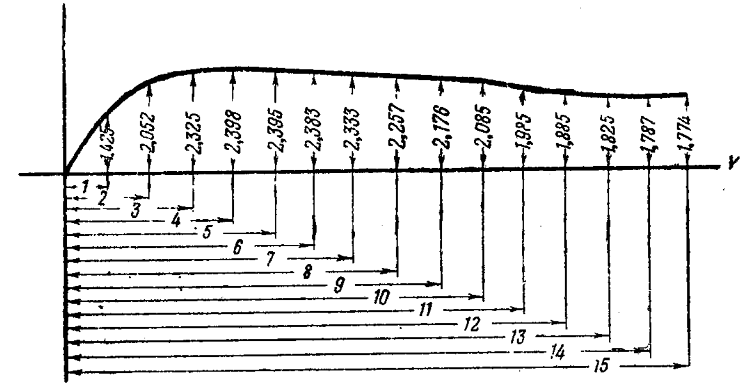
Прочность пуансона следует рассчитывать, исходя из максимального усилия.



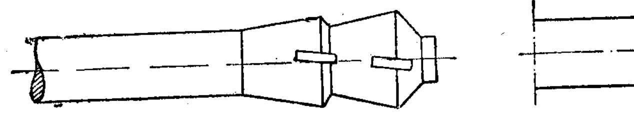
Фиг. 154. „Зорька".

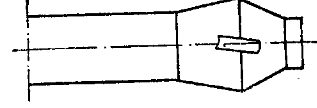
Для предупреждения изгиба стержня при дорновании применяют специальное приспособление — «непрерывный» люнет (фиг. 152), представляющий ряд подвижных металлических пластин (фиг. 153), соединенных шарнирами. В центре каждой пластины имеется точно обработанное отверстие, через которое пропускают стержень пуансона. Пластины надевают на направляющие станка; при проталкивании пуансона пластины сближаются, скользя по направляющим.

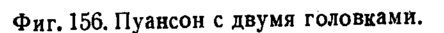
Пуансоны изготовляют из легированной стали, отличающейся большой износостойкостью (стали FKC, X12M и др.). Головку пуансона получают путем ее высаживания на ковочной машине Аякс, а выступы и желобки — посредством протягивания сквозь «зорьку» (фиг. 154). Пуансон закаливают и отпускают при 160—180°. Твердость пуансона после отпуска $R_c = 63—65$.



Фиг. 155. Кривая наружного контура рабочей части фигурного пуансона.






Фиг. 156. Пуансон с двумя головками.

Фиг. 157. Пуансон.

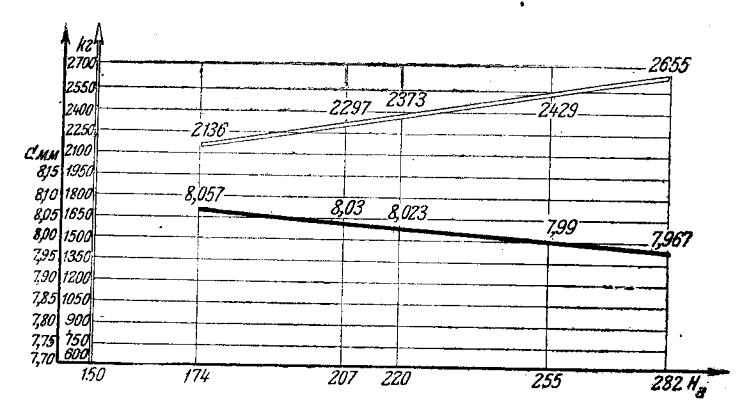
В практике применяли пуансоны другого вида, показанные на фиг. 155, 156, 157. Однако первые два не нашли распространения вследствие сложности изготовления и незначительных преимуществ в части уменьшения тягового усилия, а третий — вследствие меньшей стойкости.

§ 49. Влияние твердости ствола на величину его деформации и тяговое усилие при дорновании

С повышением твердости металла при дорновании канала ствола остаточные деформации уменьшаются, упругие (исчезающие) деформации и тяговое усилие увеличиваются, что наглядно показано на фиг. 158, на основании данных, полученных при дорновании канала $d = 0'',297$ пуансоном, имеющим по выступам диаметр $0'',3175$.

Таким образом при дорновании пуансоном стволов, имеющих различную твердость вообще, а также стволов, имеющих различную твердость по длине канала, диаметральные размеры по сечению его получаются различными и могут выйти из поля допуска. Поэтому колебание в твердости стволов может быть допущено в строго определенных пределах, при которых диаметральные размеры канала не будут выходить за предельные размеры. В соответствии с этим при термической обработке стволов надлежит строго придерживаться установленного режима, обеспечивающего получение стволов с однообразной твердостью. Это заставило заменить малые закалочные бураки большими[1].

Достигнуть одинаковой твердости всех стволов и одинаковой твердости по всей длине ствола невозможно. Поэтому для получения идентичных диаметральных размеров по сечению канала перед дорнованием стволы испытывают на твердость и, в зависимости от результатов испытания, разбраковывают на группы. При дорновании каждой группы применяют установленный для нее пуансон.



Фиг. 158. Зависимость остаточных деформаций и усилий протягивания от твердости заготовки ствола.

Количество групп, создаваемых при разбраковке, может быть различным; например при дорновании стволов калибра 14,5 *мм* их делят на 8 групп (табл. 22).

Твердость стволов определяют в двух точках — в дульной и казенной частях, где предварительно срезают небольшие лыски.

При различной твердости дульной и казенной частей размеры подбирают по средней твердости.

Поскольку величина упругой (исчезающей) деформации имеет большее значение для нарезов, то лимитирующим размером пуансона является диаметр его по выступам, и вследствие этого этот размер принимают за исходный для подбора пуансонов при дорновании стволов с различной твердостью.

Наряду с получением более однообразных размеров канала при данном способе дорнования разбраковка стволов по группам твердости имеет и другое весьма важное экономическое значение. С применением разбраковки стволов по твердости стойкость пуансонов значительно возрастает, так как при износе пуансона,

[1] См. § 67, Термообработка стволов стрелкового оружия.

имеющего размер первой группы, его переводят во вторую группу и т. д.

При дорновании канала ствола с различной твердостью в дульной и казенной частях пуансоном с размером, отвечающим какой-либо одной твердости, канал ствола получается коническим.

Таблица 22

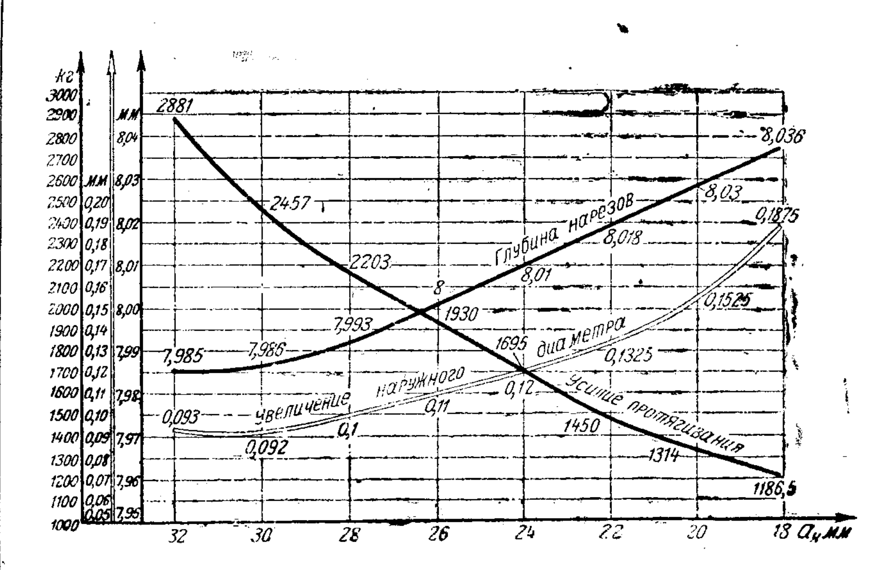
Группа твердости	Диаметр отпечатка *мм*	H_B	Диаметр пуансона по выступам *мм*
1	3,2—3,3	363—341	15,22
2	3,3—3,4	341—321	15,21
3	3,4—3,5	321—302	15,20
4	3,5—3,6	302—285	15,19
5	3,6—3,7	285—269	15,18
6	3,7—3,8	269—255	15,17
7	3,8—3,9	255—241	15,16
8	3,9—4,0	241—229	15,15

§ 50. Влияние изменения наружного и внутреннего диаметров ствола на тяговое усилие

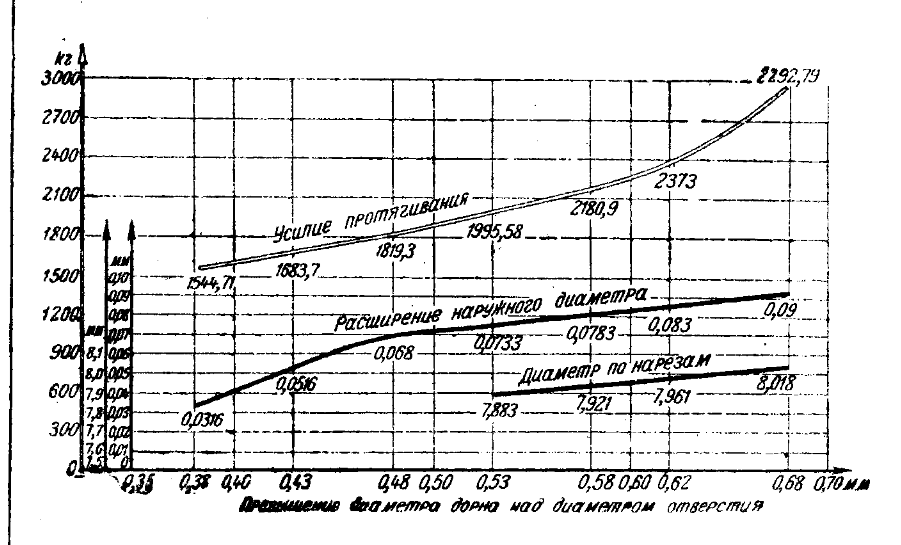
С увеличением наружного диаметра тяговое усилие возрастает, остаточная деформация уменьшается, а упругая (исчезающая) деформация увеличивается. На фиг. 159 и 160 показано изменение величины тягового усилия и приращение наружного диаметра при дорновании каналов $d=0'',297$ пуансоном, имеющим по выступам $d=0'',317$ при длине канала $l=110$ *мм*.

Указанное влияние наружного диаметра определяет необходимость соответствующей расстановки некоторых операций в технологическом процессе изготовления стволов. Так, наружное обтачивание наиболее рационально производить до дорнования, чтобы уменьшить тяговое усилие. Вместе с тем следует иметь в виду, что изменение наружного диаметра по длине при обтачивании приводит к изменению диаметральных размеров канала. При дорновании вследствие различных величин деформаций диаметральные размеры канала в тонкой части ствола окажутся больше, а в толстой меньше. При значительном изменении наружного диаметра по длине ствола внутренние размеры канала выходят из допусков, и канал ствола получается конусным.

Идеальным для дорнования является цилиндрический ствол. Поэтому операция наружного обтачивания стволов перед дорно-

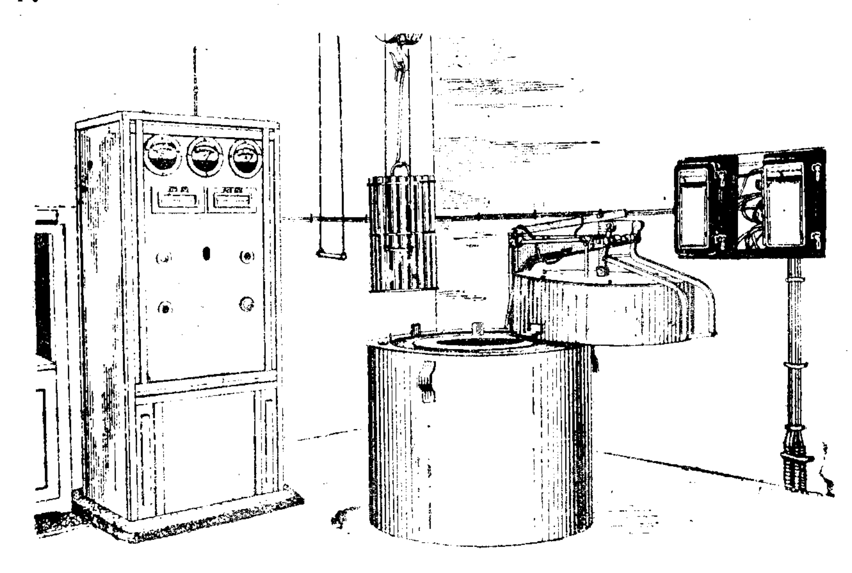


Фиг. 159. Зависимость остаточных деформаций и усилия протягивания от толщины стенки трубы.



Фиг. 160. Зависимость остаточных деформаций и усилия протягивания от превышения диаметра дорна над диаметром отверстия.

ванием устанавливают соответственно этим положениям. При наружном обтачивании перед дорнованием стволу придают цилиндрическую форму на длине, равной нарезной части канала. Небольшая ступенчатость, конусность или местные утолщения можно допускать при том условии, что величина их окажет небольшое влияние и размеры канала не выйдут за пределы допусков. Опыт показывает, что для стволов калибра 7,62 *мм* изменения наружного диаметра не должны превышать 12%.



Фиг. 161. Нагревательная печь типа Хоммо.

Вследствие местных утолщений на наружной поверхности ствола (выступы для основания мушки, прицела и т. д.) при дорновании происходит сужение канала в этой части. Местные сужения канала являются весьма нежелательными, так как при движении пули по каналу происходит на этих участках ее торможение, вследствие чего может получаться скачок пороховых газов, приводящий к раздутию или разрыву ствола.

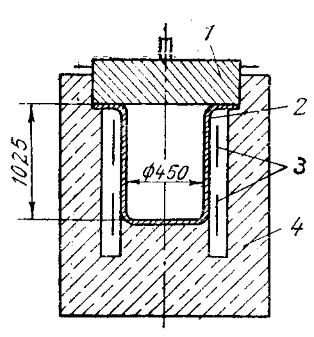
В соответствии с этим заготовки стволов, в которых нарезы получаются путем снятия стружки, отличаются от заготовок, обрабатываемых дорнованием.

Следует иметь в виду, что при следующих за дорнованием операциях наружной обработки элементов ствола могут происходить изменения диаметральных размеров канала за счет упругой деформации, так как при срезании слоя металла равновесное состояние его во всех сечениях нарушается. Вследствие удаления верхних напряженных слоев, оказывавших давление на внутренние слои, происходит увеличение диаметральных размеров канала. Вместе с тем не исключена возможность и известного коробления ствола. Для устранения этого целесообразно отпускать стволы после дорнования, что дает возможность закрепить и стабилизировать пластические деформации, а также устранить напряжения.

Для отпуска стволы калибра 7,62 *мм* из ствольной стали нагревают в печах ПИ-22 (типа Хоммо) до 510° и выдерживают 60 мин. (фиг. 161 и 162). В свинцовую ванну загружают по 43 ствола в специальных приспособлениях (фиг. 163). Ток подводится к нагревателю чугунного тигля с напряжением в 220 *в* и силой 140—160 *а*.

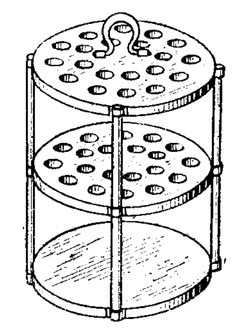
Охлаждаются стволы на воздухе; иногда, для ускорения процесса, под струей воздуха.

После отпуска испытывают твердость стволов и проверяют их на раздутие, которое может получаться при неправильном отпуске.



Фиг. 162. Разрез печи Хоммо.

1—крышка; *2*—тигель; *3*—нагреватель; *4*—футеровка.



Фиг. 163. Приспособление для загрузки стволов.

Изменение внутреннего диаметра канала ствола перед дорнованием также влияет на изменение деформаций и тягового усилия при данном пуансоне. С уменьшением внутреннего диаметра деформации увеличиваются и тяговое усилие возрастает. Поэтому канал ствола до дорнования должен быть обработан достаточно точно[1], чтобы обеспечить получение ствола после дорнования с заданными допусками в нарезной части канала.

Не меньшее значение имеет чистота поверхности канала до дорнования. Нечистая поверхность и особенно поперечные штрихи от развертки ухудшают работу пуансона, вследствие чего после дорнования на поверхности канала могут получаться царапины, серость и т. д. Для устранения этих дефектов перед дорнованием после чистового развертывания поверхность канала подвергают гладкому строганию щеточным шпаллером, в котором расположение щеток в трубке обеспечивает одновременное строгание всей поверхности канала; щетки перекрывают друг друга. Порядок выполнения этой операции аналогичен строганию нарезов[2].

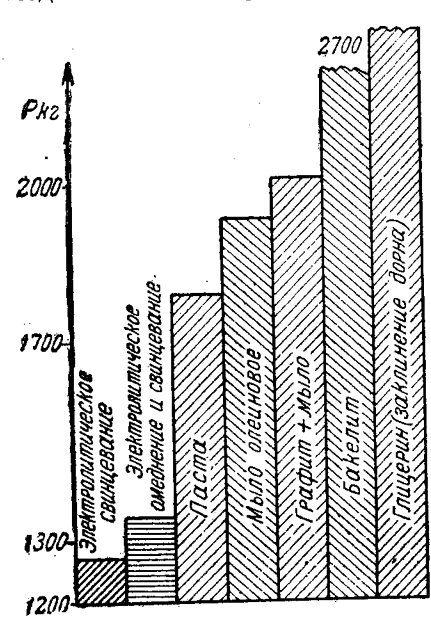
[1] Не ниже точности, указанной в чертеже для готового ствола после дорнования.

[2] В последнее время для некоторых стволов отработана конструкция броши для протягивания канала, обеспечивающая требуемую точность его и чистоту поверхности; с применением этой броши операция гладкого строгания отпадает.

§ 51. Влияние смазки на изменение тягового усилия при дорновании

Дорнование без смазки поверхности канала приводит к заклиниванию пуансона и практически невозможно. Тяговое усилие значительно изменяется в зависимости от вида смазки и ее физико-химических свойств.

При дорновании испытывали смазки неметаллические (глицерин, мыло, бакелит и т. д.), металлические (медь, свинец, олово, медь+свинец и др.) и смешанные (медь+мыло и т. п.). Опыты показали, что наиболее эффективные результаты получаются при металлических смазках. Изменение тягового усилия в зависимости от вида смазки при протягивании стволов калибра 14,5 *мм* показано на фиг. 164. Жидкие смазки для дорнования нарезов непригодны, так как тяговые усилия велики; это можно объяснить выжиманием жидкой смазки из-под рабочей поверхности пуансона. Поверхность канала при жидкой смазке получается весьма нечистой.



Фиг. 164. Изменение тягового усилия при дорновании в зависимости от смазки.

Наименьшие тяговые усилия дают металлические смазки, почему их применяют на практике. Металлические смазки наносят на поверхность канала электролитическим или химическим способами непосредственно перед образованием нарезов, а затем смазку удаляют.

Наиболее широко применяют омеднение поверхности канала ствола вследствие весьма простой технологии процесса омеднения, требующей несложных подготовительных операций. Кроме того, иногда можно не размеднять канал после дорнования, так как при нагревании ствола для отпуска медь выгорает.

Для омеднения употребляют следующий состав:

Медный купорос ($CuSO_4$)	12%
Соляная кислота (HCl)	7%
Хлористое олово ($SnCl_2$)	1%
Вода	80%

Для омеднения канал ствола протирают шомполом, наконечник которого обертывают сукном, смоченным в указанном составе. Канал ствола протирают два раза, быстро двигая шомпол, чтобы получить равномерный слой меди по всей поверхности канала. При медленном движении шомпола происходит местное

утолщение слоя меди, вследствие чего при дорновании образуются вмятины.

Пуансон также омедняют, протирая его тряпкой, смоченной в составе.

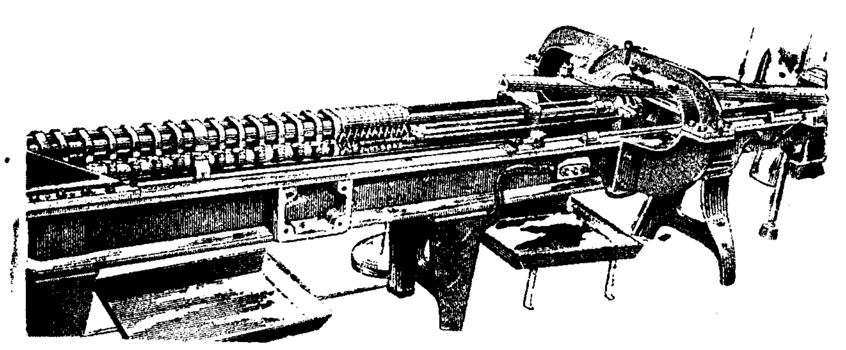
Для лучшего покрытия поверхности канала слоем меди ствол тщательно обезжиривают в растворе каустика. Вываривание при обезжиривании проводят в одной или двух ваннах последовательно при температуре 95—104°, выдерживая 15—30 мин. После вываривания стволы промывают в горячей и холодной воде, чтобы удалить каустик[1].

Поверхность канала ствола покрывают слоем свинца электролитическим способом, натирая свинцовыми шомполами (анодами), смоченными в электролите, причем предварительно ствол обезжиривают и т. д.

После дорнования свинец снимают в специальных щелочных ваннах ($NaOH$; Na_2CO_3; $NaNO_2$; $NaNO_3$; Pb и Fe).

§ 52. Стволопротяжные станки для дорнования

Устройство стволопротяжных станков (фиг. 165) весьма простое. Схема одного из подобных станков показана на фиг. 166. Поступательное и вращательное по винтовой линии нарезов движение в станке сообщается стволу, который закрепляется в



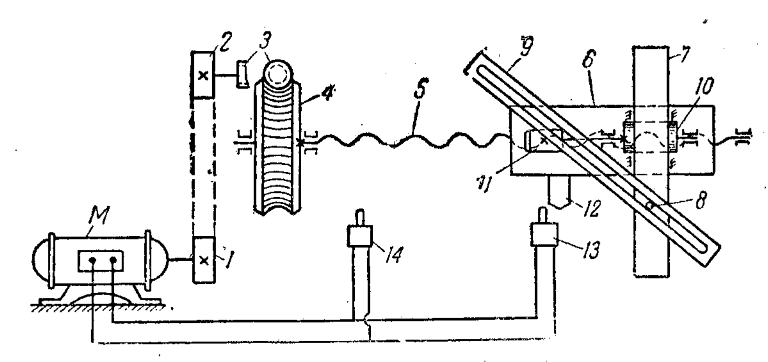
Фиг. 165. Стволопротяжной станок.

шпинделе. Механизмы станка приводятся в движение от мотора; мощность мотора для дорнования стволов 14,5 *мм* составляет 13 *квт*. Со шкива *1* мотора движение передается шкиву *2* и жестко соединенному с ним червяку *3*. Ходовой винт *5* получает вращение от червячной шестерни *4*. Супорт имеет маточную гайку, ввинчиваясь в которую червяк сообщает поступательное движение супорту *6* со шпинделем, в котором закреплен ствол.

При перемещении супорта палец *8* рейки *7* скользит в пазу копира *9*, вследствие чего рейка перемещается в сторону и через шестерню *10* сообщает вращательное движение шпинделю со стволом.

[1] Подробнее обезжиривание описано в § 70.

Когда упор *12* коснется электромагнитного переключателя *14*, происходит переключение мотора, вал которого начинает вращаться в обратную сторону и супорт отходит назад; когда же упор коснется переключателя *13*, мотор выключается и станок останавливается.

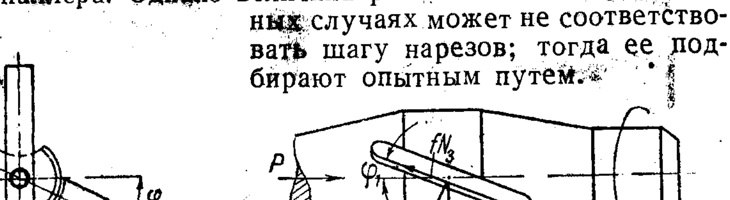


Фиг. 166. Кинематическая схема стволопротяжного станка.

Пуск станка после смены ствола производится нажатием на кнопку.

Ствол при рабочем движении, упираясь своим торцом в кольцо люнета, заставляет последний складываться; при возвратном движении люнеты раздвигаются в первоначальное положение.

Настройка станка для сообщения стволу вращательного движения производится аналогично настройке стволонарезного станка. Для сообщения стволу вращательного движения копир-линейку устанавливают под углом φ (фиг. 167), величину которого определяют по формуле, аналогичной формуле вращательного движения шпаллера. Однако величина расчетного шага в отдельных случаях может не соответствовать шагу нарезов; тогда ее подбирают опытным путем.



Фиг. 167. Установка копира.

Фиг. 168. Силы, действующие на дорн.

Для пояснения сказанного рассмотрим поведение пуансона в канале ствола в момент дорнования.

При деформации металла во время движения пуансона на грани его действуют силы N_3 и fN_3 (фиг. 168). Спроектировав эти силы на плоскость, перпендикулярную оси движения, получим

$$N_3 \cos \varphi_1 - fN_3 \sin \varphi_1 = N_t,$$

где φ_1 — угол винтовой линии канавки пуансона.

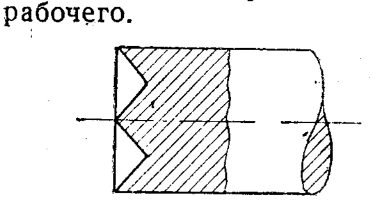
Сила N_t действует на плече пуансона R, и вследствие наличия момента силы $N_t R$ пуансон стремится повернуться. Повороту пуансона противодействует момент трения на пятке его в месте стыка со стержнем. Пятка пуансона (фиг. 169) для лучшего его центрирования и противодействия повороту делается конической.

Направление поворота пуансона зависит от соотношения сил $N_3 \cos \varphi_1$ и $fN_3 \sin \varphi_1$. Если сила $fN_3 \sin \varphi_1$ меньше $N_3 \cos \varphi_1$, то пуансон будет поворачиваться в сторону вращения ствола.

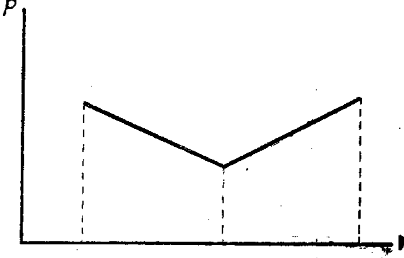
В соответствии с этим угол φ может не быть равен углу φ_1 и может отличаться от угла подъема винтовой линии нарезов. Расчетных формул для определения величин разностей этих углов нет и они установлены опытным путем.

Скорость проталкивания пуансона влияет на изменение величины тягового усилия (фиг. 170); соответственно этому скорость дорнования составляет 0,77—1,03 *м/мин*.

В станках приведенной конструкции скорость холостого хода равна рабочей скорости, однако применяют также станки, у которых скорость холостого хода в два раза больше рабочего.



Фиг. 169. Пятка пуансона.



Фиг. 170. Влияние скорости пуансона на величину тягового усилия.

Проталкивание пуансона начинается или с казенной части ствола (ПТРД) или с дульной (ДП).

Интересно отметить, что в конце дорнования имеет место так называемый эффект «стрельбы» пуансоном. Выталкивание пуансона из канала ствола происходит главным образом за счет потенциальной энергии стержня пуансона, находящегося в момент дорнования в напряженном состоянии. При проталкивании пуансона стержень не только изгибается, но и сжимается, поэтому при выходе, когда силы сопротивления быстро падают и упругие деформации стержня исчезают, пуансон получает толчок вперед.

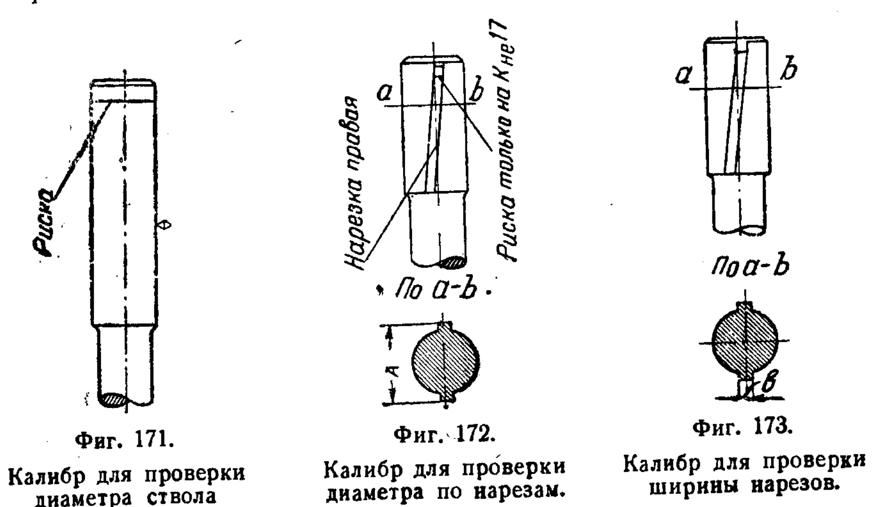
§ 53. Контроль нарезной части ствола

Нарезную часть ствола проверяют тремя предельными калибрами: 1) калибром для проверки диаметра ствола по полям (фиг. 171), 2) калибром для проверки диаметра по нарезам (фиг. 172) и 3) калибром для проверки ширины нарезов (фиг. 173).

Проходные калибры обычно пропускают с дульной части на всю длину канала ствола.

При экспериментальных работах для получения точных действительных значений диаметров по полям и по нарезам применяют прибор Шадрина (фиг. 174).

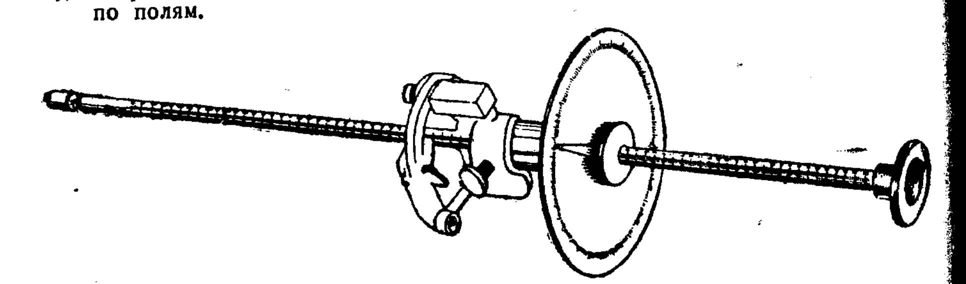
Шаг нарезов периодически проверяют прибором, показанным на фиг. 175.



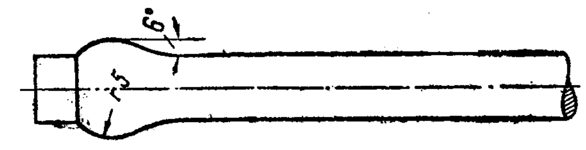
Фиг. 171. Калибр для проверки диаметра ствола по полям.

Фиг. 172. Калибр для проверки диаметра по нарезам.

Фиг. 173. Калибр для проверки ширины нарезов.



Фиг. 175. Прибор для проверки шага нарезов.



Фиг. 176. Пуансон для „уплотнения" полей 14,5-*мм* ПТРС.

Вместе с проверкой калибрами проверяют чистоту поверхности. Основными дефектами после дорнования могут быть:

1. Продольные царапины вследствие налипания металла на пуансон при недоброкачественной смазке.

2. Волнистость вследствие различной твердости металла и неоднообразной толщины медного слоя; волнистость устраняют путем протягивания гладкого пуансона (фиг. 176).

Фиг. 174. Прибор Шадрина.

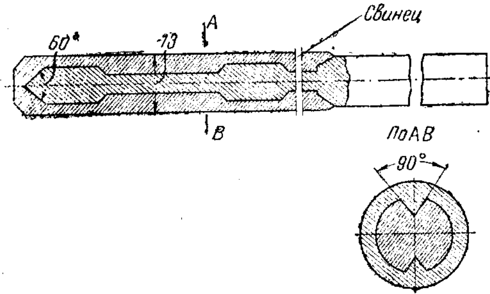
1—трубка; 2—коробка; 3—ручка; 4—призма щупа; 5—пружина щупа; 6—пробка; 7—щуп; 8—задняя призма; 9—вставка; 10—наконечник задней призмы; 11—рычаг стрелки; 12—пружина рычага стрелки; 13—стрелка; 14—пружина стрелки; 15—вилка стрелки; 16—крышка коробки; 17—шкала; 18—собачка; 19—пружина собачки; 20—шпильки; 21—винты; 22—тяга; 23—шпилька; 24—стойка; 25—винт.

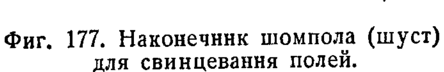
3. Поперечные царапины вследствие оставшихся следов развертывания перед дорнованием. Этот дефект устраняют путем строгания полей и нарезов шпаллером, причем стволы при этом нередко подвергают повышенному хромированию.

В заключение необходимо заметить, что при проталкивании пуансона по длинному и тонкому стволу вследствие действия на него осевой силы при дорновании ствол может изогнуться. Этот изгиб крайне нежелателен; поэтому образование нарезов в длинных и тонких стволах производят комбинированным способом, т. е. сначала строгают нарезы, а затем их подвергают так называемой «подтяжке» дорном. Соответственно этому поля строгают, а затем их «уплотняют» гладким пуансоном. При этом способе шпаллер снимает меньший припуск, и операции оказываются экономически выгодными.

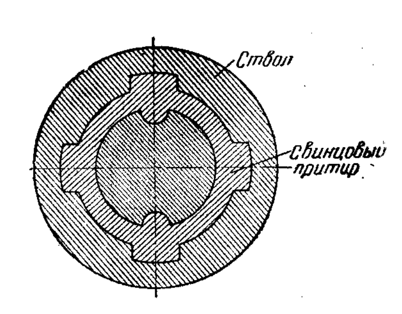
§ 54. Чистовая обработка поверхности канала ствола

Чистовая обработка поверхности нарезной части канала ствола состоит из полирования поверхности нарезов и поверхности полей. Эти операции, как правило, выполняют последовательно большей частью в конце технологического процесса и после отпуска протянутых стволов. В отдельных случаях перед полированием поля протягивают гладким пуансоном, а затем вываривают стволы в щелочной ванне, чтобы достигнуть лучшей полировки.





Фиг. 177. Наконечник шомпола (шуст) для свинцевания полей.



Фиг. 178. Наконечник (шуст) для свинцевания канала ствола по нарезам.

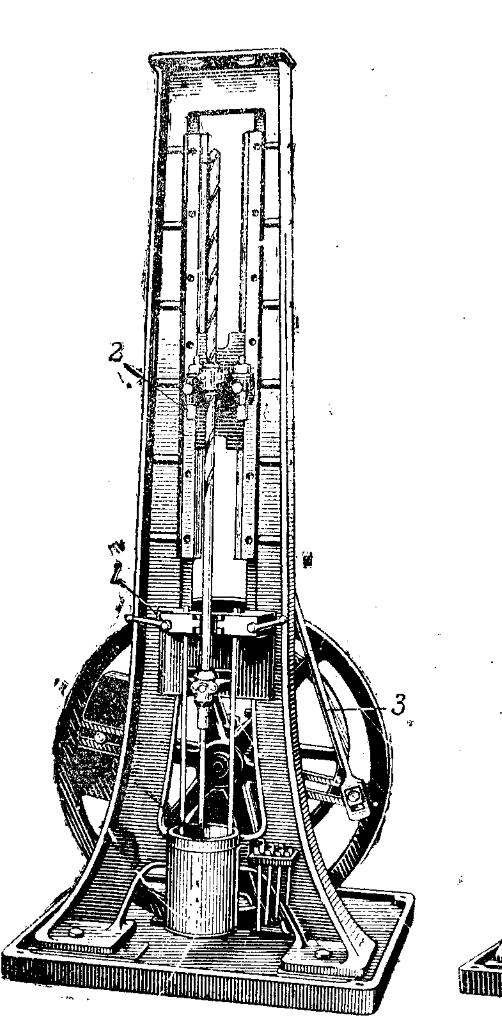
Полируют шомполами со свинцовыми притирами, на конце покрытыми мелким наждаком (минутником) с гарным или трансформаторным маслом.

Для полирования полей пользуются шомполом с гладким свинцовым притиром (фиг. 177), а для полирования нарезов — с выступами (фиг. 178). Чтобы наждак лучше держался, на притире делают насечки.

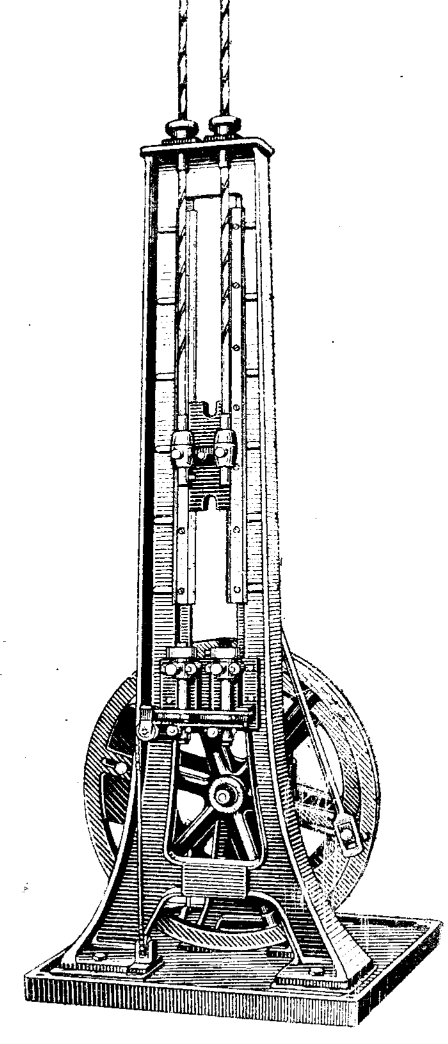
В соответствии с применяемым инструментом полирование канала называют «свинцеванием».

Свинцевание производят или вручную или на станках. Станки для свинцевания применяют двух видов: горизонтальные и вертикальные с различным числом шпинделей (2—5).

С п е ц и а л ь н ы й п о л и р о в о ч н ы й с т а н о к (фиг. 179) применяется для полирования нарезов в каналах стволов. Ствол закрепляют в неподвижных зажимах *1*, а свинцовый притир устанавливают в свободно вращающихся шпинделях *2*. Так как шпиндели расположены на салазках, двигающихся взад и вперед от шатуна *3*, закрепленного на маховике, то свинцовый притир движется в канале ствола по нарезам.

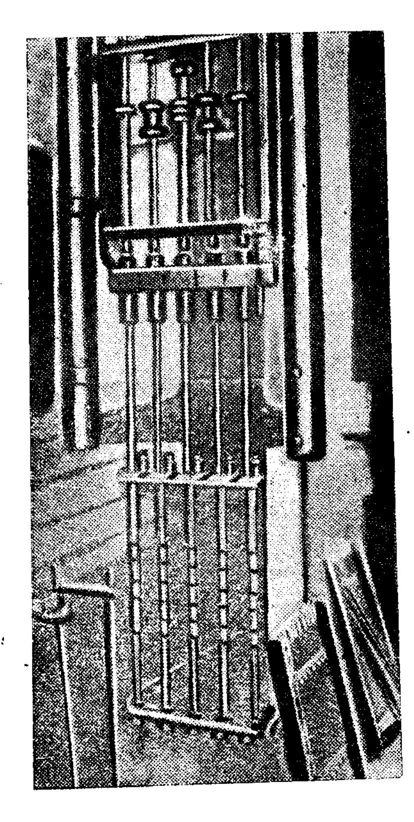


Фиг. 179. Станок для полирования канала ствола по нарезам.



Фиг. 180. Станок для полирования канала ствола по полям.

Для полирования канала по полям применяют станок такого же типа, с той лишь разницей, что круглый свинцовый притир в этом случае зажимается в шпинделе, который приводится принудительно во вращательное движение в соответствии с шагом нарезки. Такой станок изображен на фиг. 180. Канал по полям часто полируют на станках, в которых свинцовый притир не

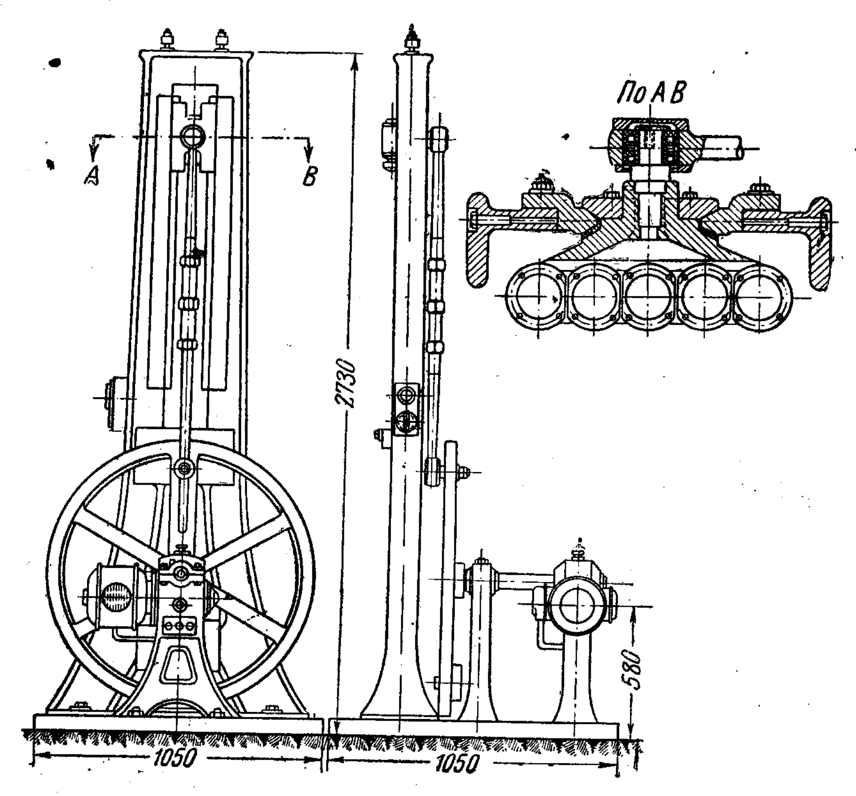


Фиг. 181. Установка для свинцевания каналов стволов на пятишпиндельном станке.

только движется поступательно, но и быстро вращается. Хотя при этом поля нарезов получаются правильной формы, однако следы полировки идут поперек полей.

На фиг. 181 показан пятишпиндельный полировальный станок. Стебли притиров зажаты в патронах шпинделей и введены в каналы стволов, установленные на раме снизу. Поступательно-возвратное движение (50 ходов в мин.) сообщается шпиндельной головке при помощи кривошипного шатунного механизма. Вращение по винтовой линии притиры получают при помощи контрштанги, поставленной вертикально, и скользящей по ней шестерне, передающей вращение шестеренкам, посаженным на шпиндели, через промежуточную шестерню.

Конструкция аналогичного пятишпиндельного полировального станка, применяемого фирмой Zbrojewka для полирования нарезов, показана на фиг. 182.



Фиг. 182. Пятишпиндельный полировальный станок Zbrojewka.

Глава VIII

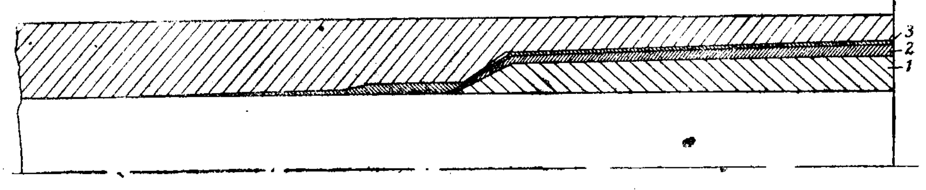
ОБРАБОТКА ПАТРОННИКОВ В СТВОЛАХ СТРЕЛКОВОГО ОРУЖИЯ

§ 55. Характеристика операций обработки патронников

Обработка патронников в различных стволах стрелкового оружия слагается из последовательного образования его элементов путем развертывания на станках и окончательной доводки вручную. В большинстве случаев при этом применяют три операции: 1) предварительная обработка патронника, 2) чистовая обработка патронника и 3) окончательная ручная доводка патронника (фиг. 183). В отдельных образцах оружия, например ПТРС и ШВАК, патронник обрабатывают за две операции: 1) предварительная обработка патронника на станках и 2) доводка патронника вручную (фиг. 184).

Каждая операция по обработке патронника состоит из ряда переходов, определяемых сменой режущего инструмента; при этом припуск и допуск на обработку постепенно уменьшаются и чистота обработки поверхности патронника возрастает.

При изготовлении ствола операции обработки патронника выполняют в различное время. В большинстве случаев они происходят в такой последовательности:



Фиг. 183. Схема обработки патронника ДП.

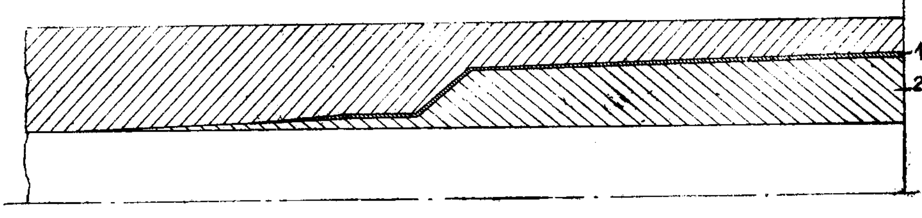
1. Патронник развертывают предварительно до образования нарезов в канале ствола, при этом или до чистового развертывания канала (винтовка обр. 1891/1930 гг., ПМ, ПТРС) или после чистового развертывания (ДП).

2. Чистовую станочную обработку патронника выполняют после окончательной отделки нарезной части канала.

3. Ручную доводку патронника во всех случаях относят в конец технологического процесса или выполняют перед хромированием канала ствола (ДП).

Такая последовательность операции объясняется рядом обстоятельств, причем некоторые имеют значение для всех конструкций стволов.

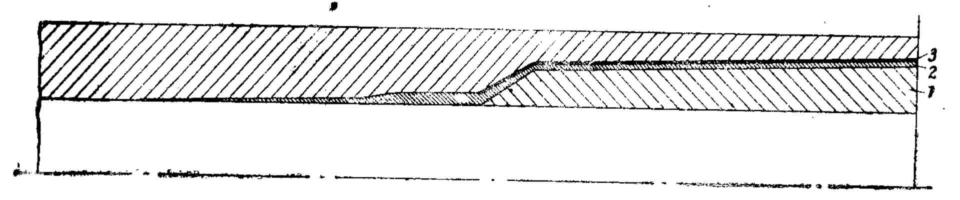
1. Основным требованием, которому должны удовлетворять операции по обработке патронника, является то, что элементы патронника должны быть одноосны с нарезной частью канала. Поэтому при обработке патронника поверхность канала ствола



Фиг. 184. Схема обработки патронника ПТРС.

следует принять за одну из установочных баз, координирующих элементы патронника относительно нарезной части канала ствола. Чем точнее обработана базовая поверхность, тем меньше будет эксцентричность элементов патронника относительно канала. Это обстоятельство определяет необходимость чистовой станочной обработки патронника после образования нарезов, а ручной доводки его — в конце технологического цикла.

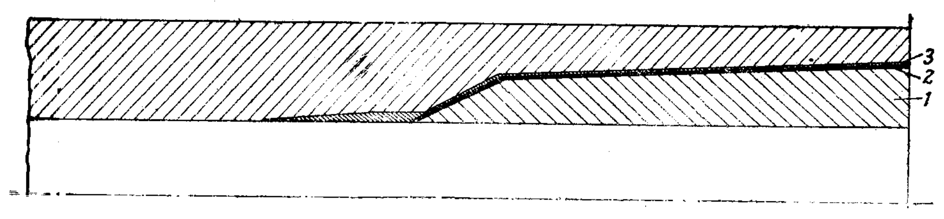
2. При частом использовании поверхности канала ствола в качестве базы не исключена возможность повреждения этой поверхности, особенно при наличии больших усилий резания. Поэтому предварительную операцию обработки патронника, при которой снимается наибольший слой металла, с наибольшими припусками по переходам, выполняют до образования нарезов.



Фиг. 185. Схема обработки патронника винтовки обр. 1891/1930 гг.

С другой стороны, при строгании нарезов щеточным шпаллером для уменьшения длины нарезаемой поверхности и сохранения большей стойкости резцов предварительную операцию обработки патронника целесообразно ставить до образования нарезов. Это последнее условие не имеет существенного значения при обработке стволов, в которых нарезы образуются путем их выдавливания дорном; поэтому в технологическом процессе обработки некоторых стволов (ПТРД, ШВАК), где нарезы образуются дорном, предварительная операция обработки патронника производится после образования нарезов.

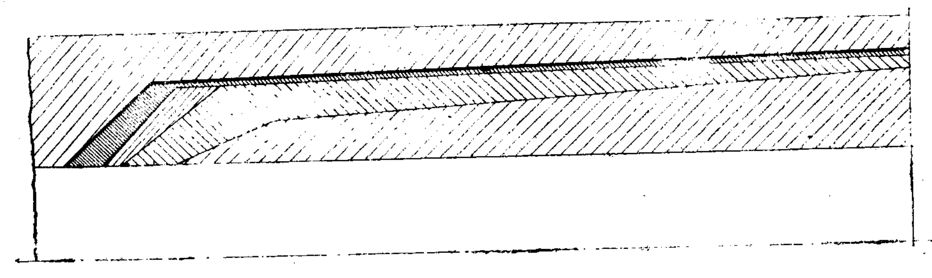
3. При операциях наружной обработки ствола нередко в качестве установочной базы пользуются поверхностью патронника и поверхностью заднего торца ствола. Окончательная обработка торца ствола производится после ряда операций наружной обработки, а затем следует чистовая обработка патронника и окончательная доводка его вручную в конце технологического процесса.



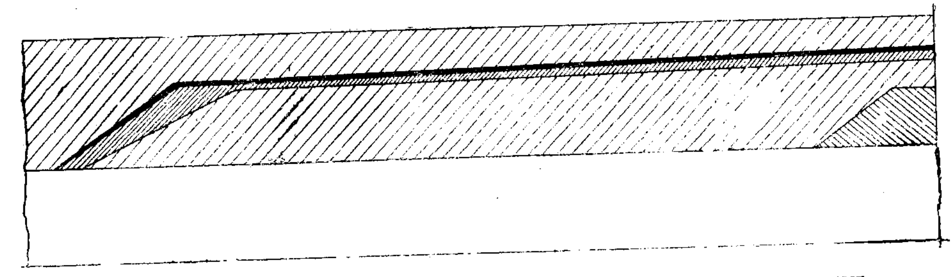
Фиг. 186. Схема обработки патронника ПТРД.

Предварительная обработка патронника чаще всего состоит из образования первого и второго конусов его (фиг. 183, 185 и 186), но в отдельных случаях одновременно обрабатывают 3-й и 4-й конусы (фиг. 184). Последовательность переходов при выполнении данной операции показана на фиг. 187—189. В первом случае операцию выполняют за четыре перехода, а во втором случае — за девять переходов с образованием 3 и 4-го конусов после 1 и 2-го конусов за два перехода.

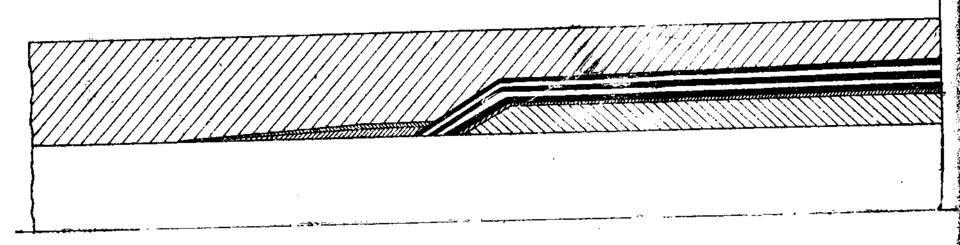
Чистовая станочная обработка патронника слагается или только из одной последующей обработки 1 и 2-го конусов (ДП и ПТРД) или с прибавлением переходов по обработке 3 и 4-го конусов (винтовка и ПМ).



Фиг. 187. Схема предварительного развертывания патронника винтовки обр. 1891/1930 гг. и ПМ.



Фиг. 188. Схема предварительного развертывания патронников ДП.



Фиг. 189. Схема предварительного развертывания патронников ПТРС.

При ручной доводке патронника окончательно отделывают его, придавая требуемую чистоту и точность. В стволах ДП и ПТРД в данную операцию включены также переходы предварительной обработки 3, 4 и 5-го конусов патронника, при этом последовательность переходов установлена, как указано на фиг. 190; в стволах винтовки ручная доводка заключается только в доводке 1 и 2-го конусов.

Фиг. 190. Схема ручной доводки патронника ДП.

В итоге последовательность обработки элементов патронника бывает следующей.

Схема 1	Схема 2	Схема 3
1. Станочная обработка 1 и 2-го конусов (предварительная)	1. Станочная обработка 1 и 2-го конусов	1. Станочная обработка 1, 2, 3 и 4-го конусов
2. Станочная обработка 1 и 2-го конусов (получистовая)	2. Станочная обработка 1 и 2-го конусов и обработка 3, 4 и 5-го конусов	2. Ручная доводка всех конусов патронника
3. Ручная доводка 1 и 2-го конусов и обработка 3, 4 и 5-го конусов	3. Ручная доводка 1 и 2-го конусов	

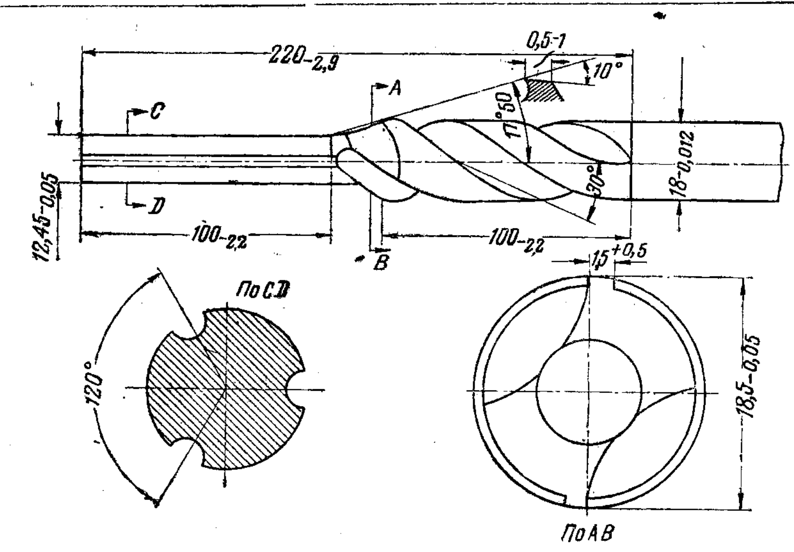
Различный подход к установке операций по обработке патронника можно объяснить, с одной стороны, известным своеобразием конструкций стволов и местом операций в технологическом процессе; например, в стволе винтовки обр. 1891/1930 гг. окончательную доводку патронника производят после сборки ствола со ствольной коробкой, поэтому обработка 3, 4 и 5-го конусов отнесена ко второй операции. С другой стороны, это различие, по нашему мнению, можно объяснить случайными моментами. Так, нельзя считать совершенно рациональным включение предварительной обработки 3 и 4-го конусов патронника в операцию ручной доводки, так как снятие значительного слоя металла вручную весьма затруднительно и требует много времени. В соответствии с этим наиболее рациональной является следующая примерная схема обработки патронников:

1. Предварительная обработка 1 и 2-го конусов.
2. Последующая обработка 1 и 2-го конусов и предварительная обработка 3 и 4-го конусов.
3. Окончательная обработка вручную элементов патронника (1 и 2 операции могут быть объединены.)

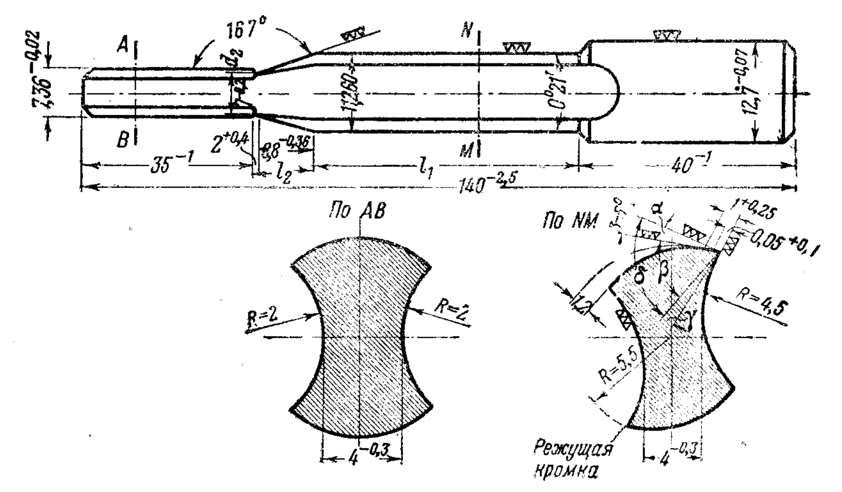
§ 56. Режущий инструмент, применяемый для обработки патронников

Для обработки патронников применяют следующие режущие инструменты: 1) спиральное сверло, 2) двузубый зенкер (фиг. 191), 3) двузубая развертка (фиг. 192), 4) трехзубая развертка, 5) четырехзубая развертка, 6) пятизубая развертка (фиг. 193), 7) шестизубая развертка (фиг. 194), 8) восьмизубая развертка, 9) десятизубая развертка и 10) двенадцатизубая развертка (фиг. 195).

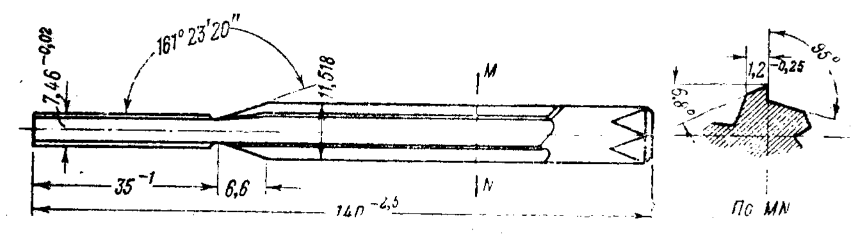
Такое многообразие режущего инструмента объясняется своеобразием технологических процессов обработки патронников стволов различных систем стрелкового оружия, что определяется отсутствием типовой технологии образования патронников и надлежащего обмена опытом между заводами, производящими стрелковое оружие.



Фиг. 191. Двузубый зенкер для патронников ПТРС.

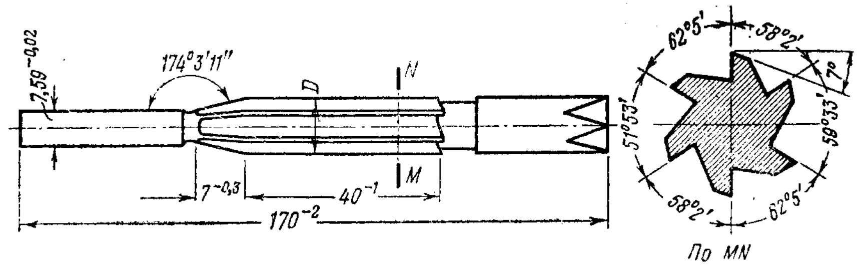


Фиг. 192. Двузубая развертка для патронников ДП.



Фиг. 193. Пятизубая развертка для патронников ДП.

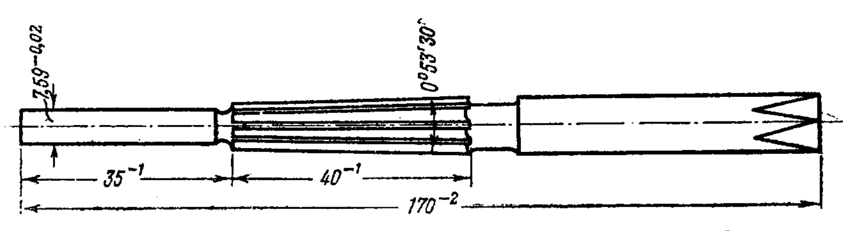
Для предварительной обработки 1 и 2-го конусов патронника применяют двузубые и трехзубые развертки, причем наиболее распространены двузубые как более легкие для изготовления и затачивания и обеспечивающие съем стружки большой толщины при хорошем отводе ее.



Фиг. 194. Шестизубая развертка для патронников ДП.

Пяти- и шестизубые развертки широко применяют для промежуточных переходов при обработке 1 и 2-го конусов патронника, а также для предварительной и окончательной обработки 3 и 4-го конусов. Шестизубые развертки обычно применяют после пятизубых для получения более чистой поверхности патронника.

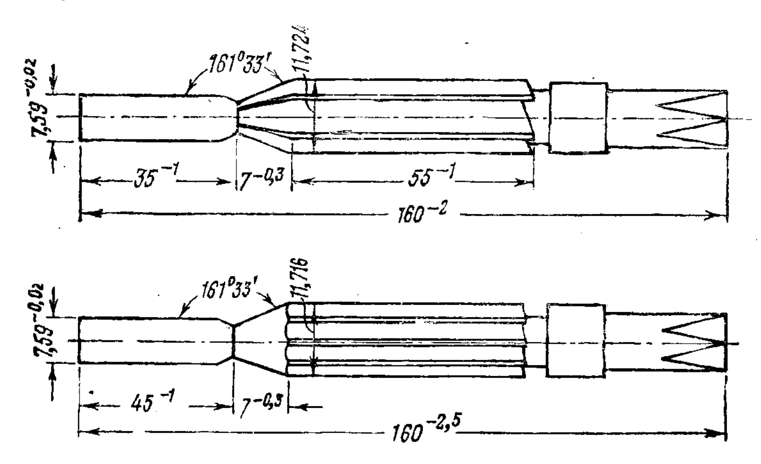
Десяти- и двенадцатизубые развертки являются, как правило, калибрующими, придающими патроннику окончательную точность и чистоту поверхности. Их применяют главным образом для доводки вручную 1 и 2-го конусов патронника и для обработки 5-го конуса — пульного входа.



Фиг. 195. Двенадцатизубая развертка для патронников ДП.

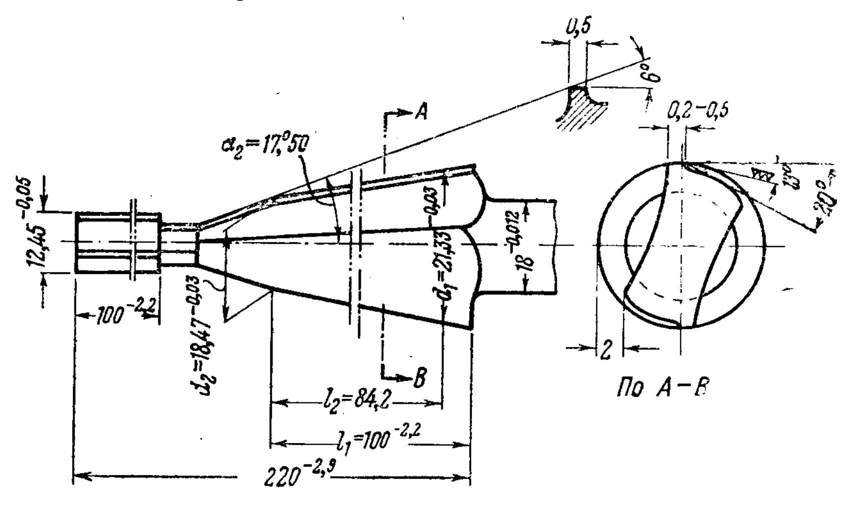
В ряде случаев для окончательной доводки элементов патронника применяют пяти- или шестизубые развертки с отрицательным передним углом, вследствие чего при развертывании получается шабрующий эффект и поверхности патронника придается требуемая чистота. Каждая развертка состоит из трех частей: передний направляющий (базовый) стержень, режущая часть и стебель.

Режущая часть развертки в большинстве случаев обеспечивает совместную обработку двух конусов (1 и 2-го или 3 и 4-го). Вместе с тем применяют единичные развертки с режущей частью, предназначенной для обработки только одного из конусов патронника (5-го конуса, фиг. 195) и на отдельных переходах (обработка большого конуса патронника, фиг. 196). Такое сочетание режущих элементов разверток определяется конструкцией патрона и условием экстракции гильзы.



Фиг. 196. Развертки для обработки большого конуса патронника.

Режущая часть разверток, применяемых для обработки 1 и 2-го конусов патронника, определяется заданными размерами, как это показано на фиг. 192 и 197.



Фиг. 197. Двузубая развертка.

В первом случае в рабочем чертеже для изготовления режущей развертки задаются диаметром в месте сопряжения 1 и 2-го конусов d_1, длиной большого конуса развертки l_1[1], углом его конусности α_1, длиной малого конуса развертки l_2 и углом α_2, опре-

[1] l_1 определяется в результате сложения четырех размеров.

деляющим конусность малого конуса развертки. Во втором случае (фиг. 197) заданы d_1 и l_1, но вместо угла конуса проставлены размеры d_2 и l_2; первый из них соответствует размеру входного диаметра большого конуса, а второй длине большого конуса. Для образования же 2-го конуса развертки показан только один угол α_2 конусности, так как длина 2-го конуса при заданном диаметре в месте перехода конуса в цилиндр является производной.

Таким образом размеры режущей части развертки, указанные на фиг. 197, непосредственно согласуются с размерами операционного чертежа; размеры же режущей части развертки, указанные на фиг. 192, согласуются с размерами операционного чертежа косвенно, т. е. получаются в результате пересчетов.

Второй способ задания размеров (фиг. 197) следует предпочитать, так как в этом случае рабочие размеры развертки можно проверить непосредственно и оценить без дополнительных расчетов возможные изменения их.

Значения элементов зуба разверток указаны в табл. 23.

Таблица 23

Наименование элементов	Двузубая	Пятизубая развертка
Задний угол α	3—5°	3—6°
Передний угол γ	до 5°	0
Фаска a	0,2—0,5 *мм*	0,2—0,5 *мм*
Угол φ	—	95—100°
Толщина зуба κ	—	1,2 *мм*

В ряде случаев чистовые развертки изготовляют с неравномерным шагом зубьев, так как опыт показывает, что такие развертки дают меньше надиров и лучше сглаживают поверхность патронника, обеспечивая требуемую чистоту его.

Исполнительные размеры разверток определяют по общепринятому правилу, т. е. за исходные данные для их вычисления принимают размеры и допуски, показанные в чертеже операционной карты. Исполнительные размеры существующих разверток примерно отвечают результатам вычислений по формуле

$$A = Б + \frac{2}{3}\delta_Б,$$

где A — исполнительный размер развертки;

$Б$ — размер, показанный в чертеже операционной карты;

$\delta_Б$ — допуск размера $Б$.

Точность изготовления разверток примерно соответствует $^1/_3\ \delta_Б$; у чистовых разверток допуск на неточность изготовления не превышает 0,02 *мм*.

Припуски на обработку развертками, имеющими меньшее число зубьев, являются наибольшими, например для двузубой развертки величина припуска в практике установлена 0,15—0,5 *мм* по диаметру; для пятизубой развертки — 0,03—0,08 *мм* (для шабрующих разверток припуск установлен 0,02 *мм*). Приведенные данные не исключают возможности известного изменения припусков для развертывания различными развертками как в сторону их увеличения, так и в сторону уменьшения.

В табл. 24 приводится примерное соотношение размеров, припусков и допусков (в *мм*), принятое при обработке патронника ствола ПТРС.

Таблица 24

Наименование перехода	Припуск	Размер	Допуск	Размер развертки	Допуск
Развертывание 1 и 2-го конусов	10,55	24,7	+0,3	24,85	—0,05
„ двузубая развертка	0,5	25,2	+0,1	25,26	—0,03
„ двузубая развертка	0,15	25,35	+0,1	25,41	—0,03
„ пятизубая развертка	0,1	24,45	+0,1	25,51	—0,03
„ трехзубая развертка	0,1	25,55	+0,1	25,61	—0,03
„ трехзубая развертка	0,1	25,65	+0,05	25,69	—0,02
„ пятизубая развертка	0,05	25,7	+0,05	25,74	—0,02
Первое развертывание 3 и 4-го конусов—четырехзубая развертка	1,75	15,9	+0,1	15,96	—0,03
Второе развертывание 3 и 4-го конусов—пятизубая развертка	0,65	16,55	+0,05	16,58	—0,02
Развертывание 1 и 2-го конусов—пятизубая развертка	0,04	25,74	+0,05	25,78	—0,02
Развертывание 1 и 2-го конусов:					
пятизубая развертка	0,04	25,78	+0,05	25,82	—0,02
шабрующая пятизуб. развертка	0,02	25,8	+0,05	25,84	—0,02
Развертывание 3 и 4-го конусов:					
десятизубая развертка	0,15	16,7	+0,05	16,74	—0,02
пятизуб. шабрующая развертка	0,05	16,75	+0,05	16,79	—0,02

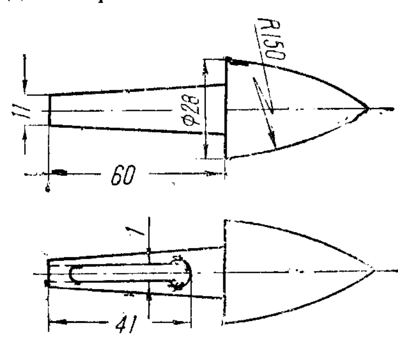
Длина направляющего стержня разверток для стволов калибра 7,62 *мм* колеблется в пределах 35—45 *мм*; диаметр стержня делают равным диаметру отверстия канала с отклонением —0,02 *мм*. Для стволов большего калибра длину направляющего стержня разверток принимают несколько большей (40—100 *мм*).

Развертки изготовляют из углеродистой стали У12А и подвергают закалке и отпуску при низкой температуре (170°) для получения большой твердости (R_c=62—65), которая необходима для повышения стойкости режущих кромок разверток.

Следует указать, что окончательную зачистку поверхностей элементов патронника и главным образом большого конуса производят в некоторых стволах (ДП) тонкой наждачной бумагой

с помощью специальной деревянной оправки (фиг. 198). Конусный стержень оправки обертывают наждачной бумагой, вставляют его в патронник и, вращая оправку вместе с бумагой, зачищают поверхность патронника.

Типы разверток, применяемых для обработки различных элементов патронников, указаны в табл. 25, из которой видно, что для обработки 1 и 2-го конусов наибольшее распространение получили дву-, пяти- и шестизубые развертки, для обработки 3 и 4-го конусов—шестизубые, а для обработки пульного входа—двенадцатизубые развертки.



Фиг. 198. Оправка для зачистки патронника.

Учитывая приведенные в табл. 25 данные, возможно сократить количество режущего инструмента, ограничиваясь типами, нашедшими более широкое применение, а именно:

1. Двузубый зенкер для первого перехода по обработке 1 и 2-го конусов,

2. Двузубые развертки для последующей обработки 1 и 2-го конусов.

3. Шестизубые развертки для чистовой отделки 1 и 2-го конусов; последняя из них — с отрицательным передним углом зуба для получения шабрующего эффекта и достижения требуемой чистоты поверхности патронника.

4. Шестизубые развертки для обработки 3 и 4-го конусов; из них одна с отрицательным передним углом.

5. Двенадцатизубая развертка с переменным шагом зубьев для обработки пульного входа.

Таблица 25

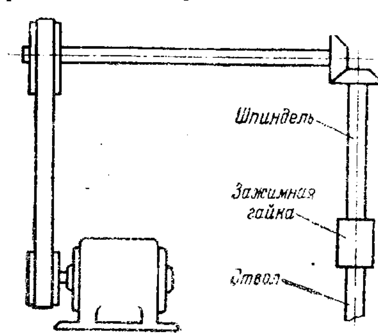
Элемент патронника	Система ствола	Сверло	Зенкер	Число зубьев развертки								
				2	3	4	5	6	8	10	12	Всего
Обработка 1 и 2-го конусов	ДП	1	—	2	—	—	4	2	—	1	1	11
	ПТРС	—	1	2	2	—	5	—	—	—	—	10
	ПТРД	—	—	1	—	—	2	—	1	—	—	4
	ШВАК	—	—	1	—	—	—	2	—	—	1	4
Обработка 3 и 4-го конусов	ДП	—	—	—	—	—	—	5	—	—	—	5
	ПТРС	—	—	—	—	1	2	—	—	1	—	4
	ПТРД	—	—	—	—	—	—	3	—	—	—	3
Обработка 5-го конуса (пульного входа)	ДП	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1	1

В иностранной практике, в частности при обработке патронников винтовочных и пулеметных стволов в США, применяют для предварительного развертывания шесть инструментов, а для чистового развертывания восемь инструментов; в качестве режущего инструмента употребляют зенкеры и развертки.

§ 57. Станки для предварительного и чистового развертывания патронников

Для предварительного и чистового развертывания патронников применяют станки различных типов: токарные, револьверные, сверлильные, а также специальные станки и головки.

Основное требование к станкам заключается в том, что они должны допускать одновременное крепление требуемого числа разверток и возможно быструю установку их в рабочее положение. Вследствие этого следует считать, что наиболее подходящими будут станки специальные, револьверные и токарные с многорезцовой поворотной головкой.



Фиг. 199. Схема установки для развертывания.

На заводах применяют следующие станки: 1) револьверный станок Пратт-Витней, 2) станок Бюльдерс, 3) токарный станок „Красный Пролетарий“ ДИП-200, 4) токарный станок Совбенд, специальную простейшую установку (фиг. 199) и др. В станках указанных конструкций главное (вращательное) движение сообщается стволу, который закрепляют в специальном приспособлении, связанном со шпинделем станка, а движение подачи на требуемую длину сообщается режущему инструменту, причем инструмент подают вручную.

В специальных станках главное (вращательное) движение сообщается инструменту, а движение подачи на требуемую длину хода — также инструменту вместе с головкой или стволу. В этих станках инструменты закрепляются в многошпиндельной поворотной головке, сообщающей им вращение. Установка инструментов по оси канала ствола так же, как в револьверных и других станках, производится последовательно, путем поворота. Ствол закрепляется неподвижно на стойках станка.

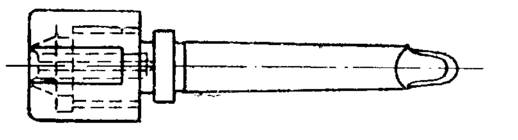
Револьверный станок Бюльдерс имеет бесступенчатое регулирование главного движения при помощи привода Ривса, позволяющего вести обработку со скоростью 60—180 об/мин. На шпинделе и на валу мотора посажены по два конических диска, через которые перекинут ремень. При сведении и разведении одной пары дисков изменяется передаточное число, так как изменяется диаметр, вследствие чего меняется число оборотов шпинделя.

Для крепления ствола на станке применяют специальный патрон (фиг. 200) и люнет, предохраняющий ствол от изгиба. Ствол вставляют в отверстие патрона, который соединен со шпинделем, и, надвигая гайку шпинделя на коническую часть патрона, закрепляют ствол в шпинделе.

Фиг. 200. Патрон для крепления стволов.

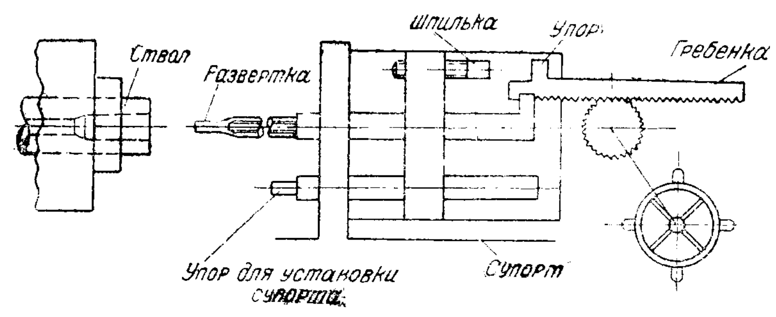
Инструмент (сверло, зенкер, развертка) крепится в револьверной головке также с помощью специального патрона (фиг. 201).

Требуемую величину захода развертки устанавливают с помощью калибров. Основной базой для настройки является поверхность торца ствола. Развертку устанавливают на требуемую величину захода относительно плоскости базового упора (фиг. 202). Вращая штурвал, супорт с револьверной головкой подают вперед до упора в торец ствола и затем вывинчивают шпильку до соприкосновения с поверхностью выступа гребенки. Таким образом заход развертки в патронник ограничивается тем, что выступ гребенки упирается в шпильку.



Фиг. 201. Патрон для крепления разверток.

Для обеспечения концентричности обрабатываемых элементов патронника с нарезной частью канала ствола развертка закрепляется в револьверной головке не жестко, чтобы при смещении оси развертки относительно оси ствола развертка могла перемещаться.

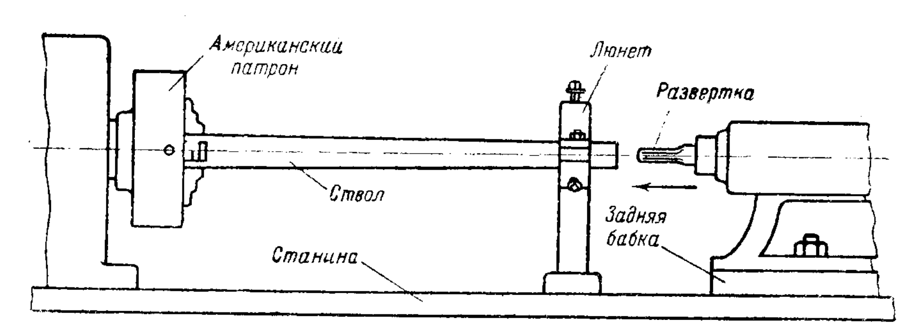


Фиг. 202. Схема установки разверток и стволов для развертывания патронника.

Схема установки ствола на токарном станке «Красный Пролетарий» показана на фиг. 203. Ствол закрепляют в американском патроне и люнете. Для обеспечения захода базового стержня развертки в канал ствола, казенный конец ствола устанавливают

в люнете так, чтобы он мог перемещаться в радиальном направлении за счет небольшого зазора.

В Германии для обработки патронника применяли токарно-револьверные станки, снабженные либо револьверной головкой, либо сменными зажимами для различных инструментов. Ствол закрепляют в специальном патроне и поддерживают двумя люнетами. На супорте, приводимом в движение крестовой рукояткой, устанавливают приспособление, в которое один за другим вставляют различные инструменты. Супорт передвигается от руки во время вращения ствола. Через полый рабочий шпиндель и ствол подается под давлением масло для отвода образующейся стружки.



Фиг. 203. Схема установки для развертывания патронника на токарном станке.

Специальные простейшие установки для развертывания патронников применяют в производстве некоторых стволов при выполнении второй операции. Ствол закрепляют в шпинделе зажимной гайкой и приводят его во вращение со скоростью 66 об/мин. Заход развертки на требуемую длину ограничивается упором в торец ствола кольца, закрепляемого на развертке. Кольцо на стебле развертки устанавливают по калибрам и закрепляют винтом.

При ручной доводке патронника заход развертки на требуемую длину ограничивается также упором кольца в торец ствола. Таким образом основными базами при выполнении всех операций по обработке патронника являются поверхность канала ствола и торец пенька ствола. Использование этих баз позволяет добиться необходимого координирования элементов патронника и выдержать их размеры с требуемой точностью.

Возможность такого базирования в станках достигается, с одной стороны, путем нежесткого крепления разверток или стволов, вследствие чего ствол или развертка имеют возможность несколько перемещаться, когда оси их не совпадают. Это также обеспечивает вхождение базового стержня в канал ствола и исключает изгиб развертки. С другой стороны, возможность базирования обеспечивается тем, что кольцо развертки непосредственно упирается в торец ствола или же упираются промежуточные упоры, установленные на торце ствола. Это — важнейшее

условие правильного выполнения операций развертывания патронников.

Образование в нужных случаях на поверхности патронника канавок Ревелли производят на специальных станках с помощью крючкового резца. Ствол закрепляют в приспособлении, связанном с механизмом, поворачивающем его после каждого прохода резца по канавке. Резец совершает поступательное движение по копиру, имеющему форму элементов патронника, на которых образуются канавки, и последовательно строгает канавки на одну глубину в несколько проходов по каждой. После каждого прохода всех канавок автоматически меняется положение копира по высоте, вследствие чего резец углубляет канавки.

§ 58. Смазывающе-охлаждающие жидкости

При обработке патронников в настоящее время применяют различные смазывающе-охлаждающие жидкости: 1) смесь льняного (75%) и веретенного (25%) масел, 2) эмульсию мазутно-мыльно-парафинированную и 3) чистое льняное масло.

Лучшей, всеми признанной жидкостью, обеспечивающей требуемую чистоту поверхности патронника, является льняное масло, но вследствие дефицитности его в настоящее время заменяют, в первую очередь на предварительных операциях, различными эмульсиями.

§ 59. Контроль правильности изготовления патронников

У патронников всех стволов стрелкового оружия проверяют размеры калибрами и чистоту обработки поверхности. Для проверки размеров пользуются калибрами: 1) предельными, 2) калибрами на симметрию и 3) калибрами на овальность.

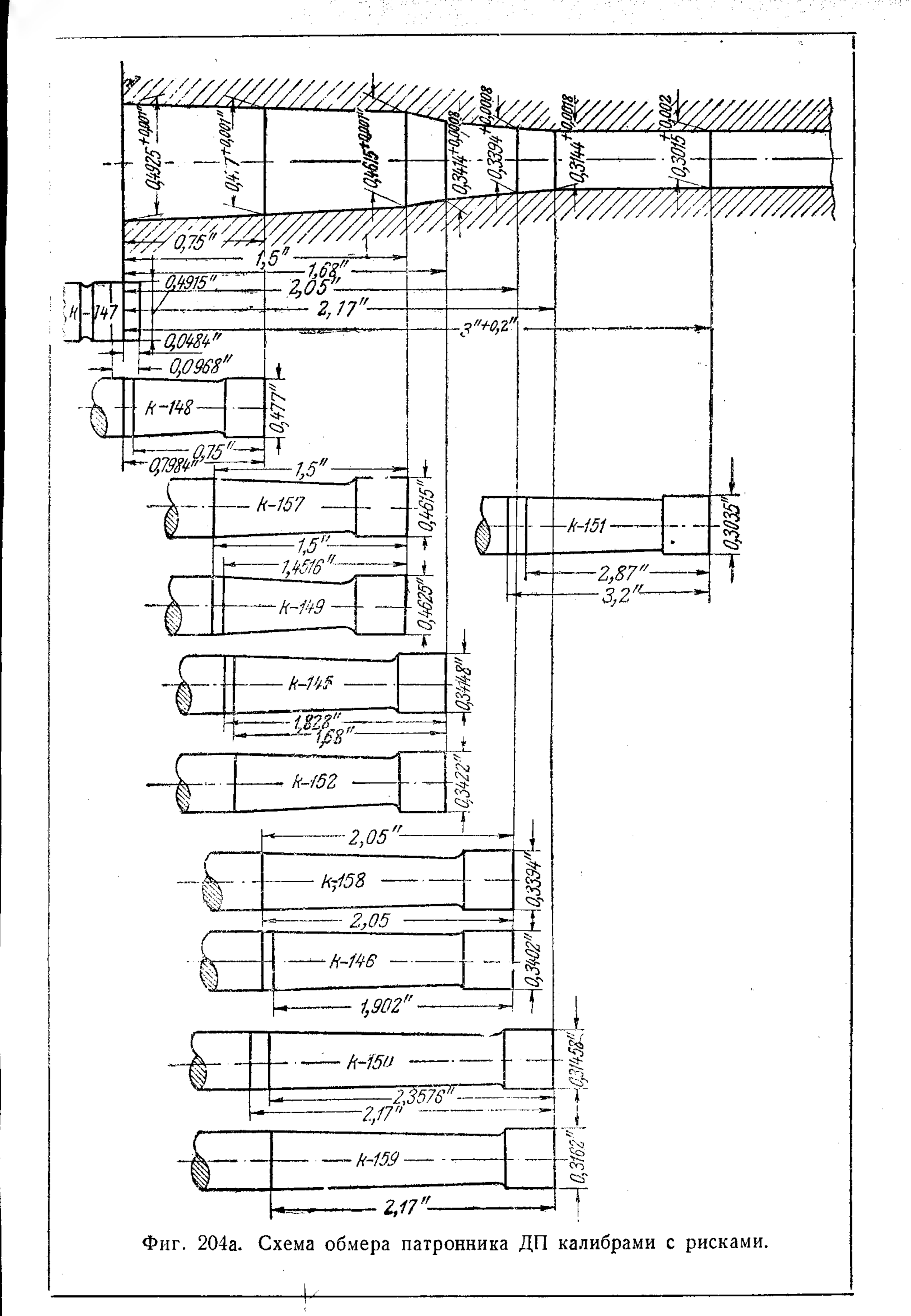
В практике применяют предельные калибры нескольких видов: калибры с рисками (фиг. 204а), калибры с выступами на торце венчика (фиг. 204б), калибры конусные с уступами. Во всех случаях о правильности проверяемого размера судят по положению торца ствола относительно контрольных элементов калибра. Так, при пользовании калибром с рисками торец пенька ствола должен находиться между рисками; при употреблении калибров второго вида торец ствола соприкасается с торцами выступов проходного калибра и образует зазор с торцами выступов непроходного калибра; наконец, применяя калибры третьего вида, следят, чтобы поверхность торца ствола находилась в зоне уступа.

Наиболее объективными калибрами следует считать калибры второго вида.

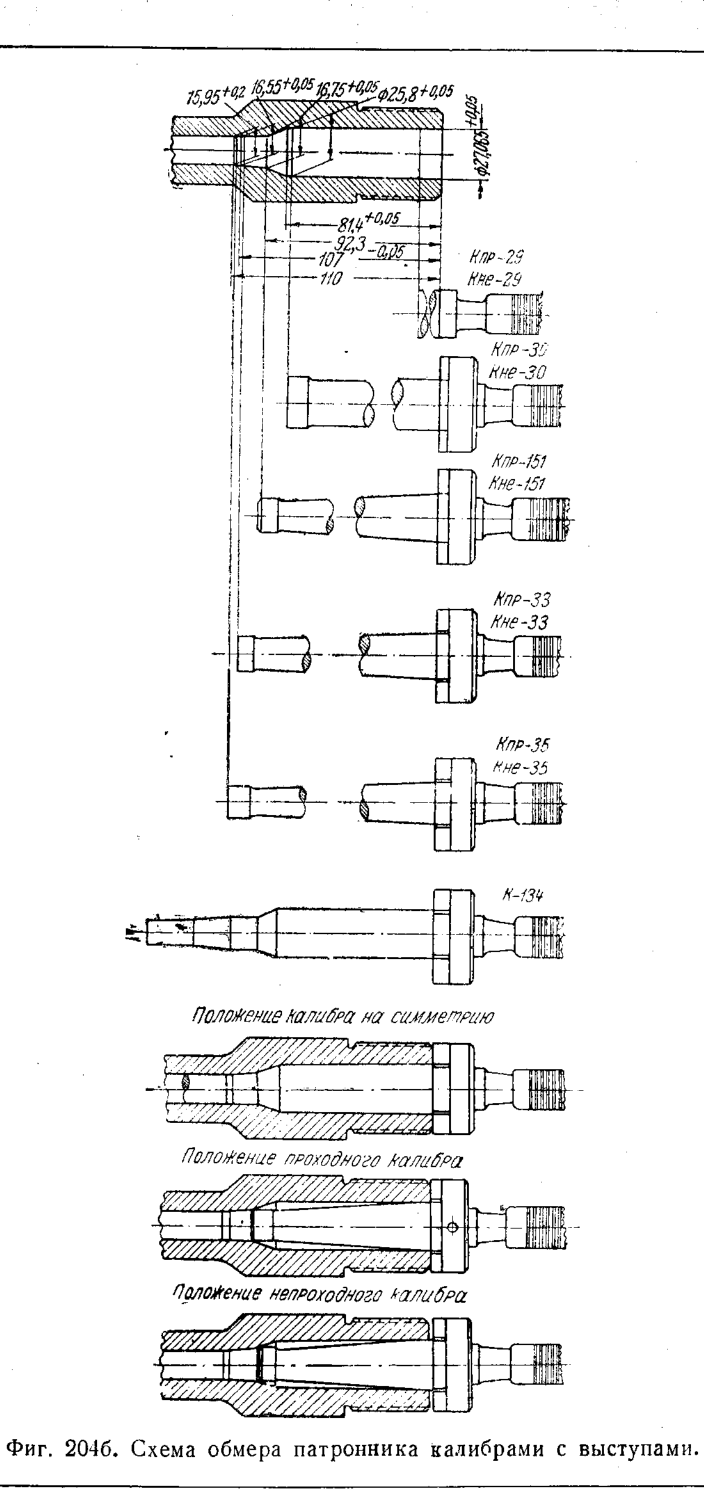
Калибр на проверку одноосности элементов патронника (фиг. 205) является проходным калибром; вставленный в патронник, он должен ложиться своим венчиком на торец ствола без просвета и без качания.

Калибр на овальность является непроходным; этим калибром проверяют патронник в нескольких направлениях.

Чистоту обработки поверхности проверяют или на-глаз или с помощью зеркала, т. е. металлического стержня со шлифованной

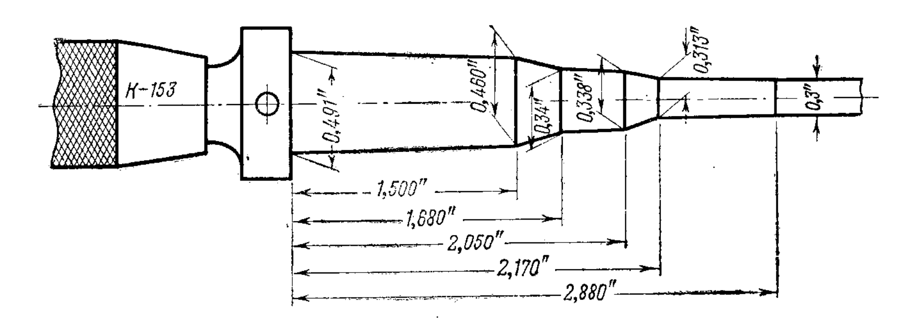


Фиг. 204а. Схема обмера патронника ДП калибрами с рисками.



Фиг. 204б. Схема обмера патронника калибрами с выступами.

и полированной поверхностью, вставляемого в патронник. «Зеркала» применяют для проверки чистоты поверхностей 1 и 2-го конусов, 3 и 4-го конусов и пульного входа. Их можно применять и в другой комбинации.



Фиг. 205. Калибр для проверки одноосности элементов патронника ДП.

В ряде случаев качество отделки поверхности патронника оценивают путем сравнения с эталонами — образцами с теми или иными дефектами, допускаемыми в патроннике.

Развертывание патронников на специальных станках „Крюгер"

Развертывание патронников на десятишпиндельных полуавтоматах «Крюгер» является одним из высокопроизводительных методов, применяющимся в оружейной промышленности с 1941 г.

При использовании станков «Крюгер» для развертывания патронников схема обработки последних в настоящее время слагается из двух операций:

1. Развертывание патронников на станке «Крюгер».
2. Ручная доводка патронника.

Для развертывания патронников на станке «Крюгер» применяют следующие инструменты:

1. Двузубый зенкер для 1-го конуса.
2. Двузубый ступенчатый зенкер для 1-го конуса.
3. Четырехзубая развертка для 1 и 2-го конусов.
4. Три шестизубых развертки для 1 и 2-го конусов.
5. Три шестизубых развертки для 3 и 4-го конусов.

Для развертывания патронников вручную применяют четыре инструмента, из них два по мере необходимости:

1. Двенадцатизубая развертка для 5-го конуса.
2. Шестизубая развертка с отрицательным передним углом для 3 и 4-го конусов.
3. Шестизубая развертка с положительным передним углом для 3 и 4-го конусов (по мере необходимости).
4. То же для 1 и 2-го конусов.

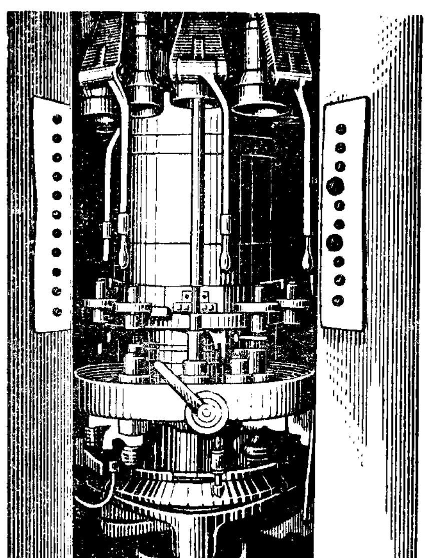
Обработка заканчивается зачисткой 1 и 2-го конусов шкуркой на специальной оправке.

Подобное построение процесса по сравнению с рассмотренными ранее является более совершенным и значительно увеличивает производительность.

Отличительными особенностями инструмента, применяемого для развертывания патронников на станках «Крюгер», являются следующие:

1. Инструмент изготовляется из стали РФ-1.

2. В развертках и зенкерах имеются внутренние каналы для подвода смазывающе-охлаждающей жидкости к режущим кромкам. Смазывающе-охлаждающая жидкость поступает под давлением во внутренний продольный канал через два боковых отверстия, просверленных в хвостовой части развертки, и выталкивается к режущим лезвиям также через два боковые отверстия, просверленные у направляющего стержня.



Фиг. 206. Вид на шпиндельный барабан десятишпиндельного полуавтомата для развертывания патронников фирмы „Крюгер".

3. Шестизубые развертки как для 1 и 2-го, так и для 3 и 4-го конусов сконструированы с переменным шагом и отличаются друг от друга только одним основным диаметральным размером. Это позволяет использовать развертки с окончательных переходов по мере их износа на предварительных переходах, что значительно повышает их стойкость.

В технологическом маршруте операции развертывания патронника следуют друг за другом. При этом обработка на станке „Крюгер" происходит после окончательной обработки элементов на пеньке ствола и термической обработки последнего, если она применяется.

Станок «Крюгер» (фиг. 206) имеет 10 позиций — одна загрузочная и девять рабочих. Стволы крепятся в вертикальном положении. Очередной ствол снимают и устанавливают в процессе работы. Стволы устанавливаются на установочный шрифт, зажимаются в патронах у дульной части и вращаются со скоростями, приспособленными к каждой позиции. Правильную установку ствола проверяют индикатором, имеющимся на каждом шпинделе. Инструмент не вращается, а имеет только поступательное перемещение.

Привод станка гидравлический, управляется он электроприборами. Кнопочное управление, помещенное впереди станка, позволяет производить полуавтоматический цикл работы или цикл «стэп бай стэп».

После закрепления ствола в загрузочной позиции шпиндельный барабан поворачивается на $^1/_{10}$ и фиксируется, после чего сообщается вращение шпинделям. Затем стол с инструментами быстро перемещается вверх, причем инструменты подводятся к стволам. Подача инструментов осуществляется от индивидуальных кулачков, закрепленных на периодически вращающемся кольце. По окончании рабочей подачи стол опускается вниз в исходное положение, а шпиндельный барабан снова поворачивается на $^1/_{10}$ оборота — цикл повторяется.

Каждый инструмент снабжен специальным предохранительным устройством; в случае перегрузки стол автоматически отводится вниз, и на панели управления загорается красная лампочка, указывающая, на какой позиции произошла перегрузка.

Характерные особенности станка:

1. Использование гидравлики для всех вращений, кроме вращения шпинделей.

2. Быстрая подача и отвод стола с инструментами.

3. Движения осуществляются цилиндрами стандартного типа (кроме быстрой подачи стола).

4. Вертикальное расположение шпинделей исключает прогиб ствола и создает удобство в удалении стружки.

Главные элементы станка: основная плита, центральная колонна, стол с инструментами, делительное приспособление, боковые стойки и шпиндельная бабка.

Три чугунные колонны, расположенные на равном расстоянии одна от другой, служат для соединения основания плиты со шпиндельной бабкой.

Центральная колонна закреплена в станине и шпиндельной бабке и служит опорой для стола с инструментами и механизма поворота шпиндельной бабки.

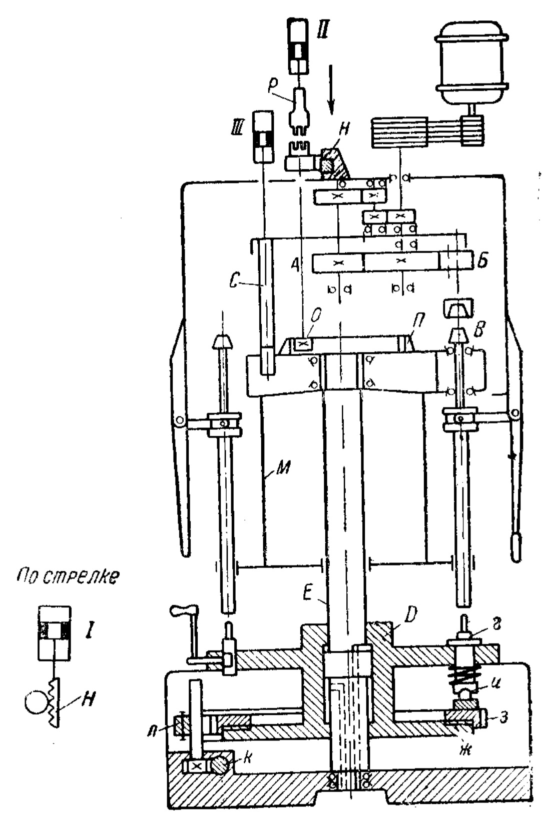
Привод шпинделей (фиг. 207) осуществляется от одного мотора через клиноременную передачу. Необходимое число оборотов устанавливается подбором соответствующего передаточного числа шестерен *А* и *Б*. После поворота шпинделей включение их вращения осуществляется муфтами *В*. Шпиндель, находящийся в загрузочной позиции (слева на схеме), привода не имеет.

Инструментальные шпиндели закреплены на столе *Д*. Подъем и опускание стола осуществляется давлением масла.

На столе *Д* имеется направляющее кольцо *Ж*, по которому свободно перемещается шестерня *З*. На последней закреплены девять кулачков, имеющих профиль в соответствии с требуемой подачей инструмента на каждой из девяти рабочих позиций. По указанным кулачкам скользят ролики *И*, соединенные с инструментальными шпинделями. Подача последних происходит при периодическом (в обоих направлениях) вращении шестерни *З*, которое осуществляется двумя гидравлическими цилиндрами, передающими возвратно-поступательное движение рейке *К*, а по-

следняя через реечную шестерню и шлицевой валик передает вращение шестерне, находящейся в зацеплении с шестерней *З*.

Шпиндельный барабан *М* поворачивается на $^1/_{10}$ посредством гидравлического цилиндра *1*, передающего возвратно-поступательное движение рейке *Н*, а последняя вращает реечную шестерню и шестерню *О*, сцепленную с внутренней нарезкой *П* венца, закрепленного на шпиндельном барабане.



Фиг. 207. Схема станка фирмы „Крюгер".

Во время рабочего хода поршневая муфта *Р* находится в зацеплении с реечной шестерней, а во время обратного хода поршня она выводится из зацепления гидравлическим цилиндром *II*. Вследствие этого при обратном ходе цилиндра *I* движение механизму поворота шпиндельного барабана не сообщается.

Фиксатор *С* предназначен для обеспечения точного взаимного расположения стволов и инструментов. После поворота шпиндельного барабана на $^1/_{10}$ он заскакивает в гнездо последнего. Фиксатор приводится в движение от гидравлического цилиндра *III*, который одновременно включает муфту *В* для сообщения вращения шпинделям; следовательно, включение шпинделей возможно только после того, как барабан зафиксирован.

В станке «Крюгер» решен вопрос быстрой смены инструментов. Для этой цели применен установочный шаблон для точной установки инструмента по высоте, прежде чем установить его на станок.

Жидкость для охлаждения инструментов нагнетается вверх специальным насосом и стекает вниз вместе со стружкой в круглый поддон, после чего она попадает в отстойный резервуар.

Производительность станка — около 50 стволов в час.

Глава IX

ПРАВКА СТВОЛОВ СТРЕЛКОВОГО ОРУЖИЯ

§ 60. Назначение правки стволов

Правка стволов, так же как и правка ствольных заготовок, имеет серьезное значение при механической обработке ствола. Правильное выполнение правки определяет успешность ряда операций по обработке канала наружного обтачивания. Достаточно указать, что после глубокого сверления в процессе дальнейшей механической обработки производят 5—8 правок ствола в зависимости от калибра и характера отдельных операций. Ствол, как правило, правят перед предварительным обтачиванием наружной поверхности, после закалки и отпуска ствола, перед протягиванием брошью или развертыванием канала, после дорнования нарезов, после каждой операции наружного обтачивания и перед хромированием.

После глубокого сверления, как было указано ранее, ствол неизбежно искривляется. Наружное обтачивание искривленного ствола приводит к эксцентричности наружной поверхности относительно канала, к значительной разностенности, что недопустимо. Поэтому для получения концентричной поверхности относительно канала перед черновым наружным обтачиванием следует править ствол.

С другой стороны, после наружного обтачивания, несмотря на применяемые люнеты, вследствие давления резца и нарушения равновесного состояния металла ствол снова искривляется. При термической обработке возможна также поводка ствола. Все это определяет необходимость править ствол перед развертыванием или протягиванием каналов брошью. При работе развертки и броши в искривленных каналах возможны образование надиров на поверхности и поломка инструмента.

Дорнование, как было указано выше, сопровождается изгибом особенно тонких стволов; так как последующие операции наружного обтачивания являются окончательными, то правка стволов и в этом случае становится обязательной.

Правка перед хромированием обусловлена особенностью этого процесса: в искривленном стволе освинцованный стержень (анод) не будет занимать строго центральное положение относительно всех точек поверхности по длине канала и вследствие этого отложение слоя хрома будет неравномерным.

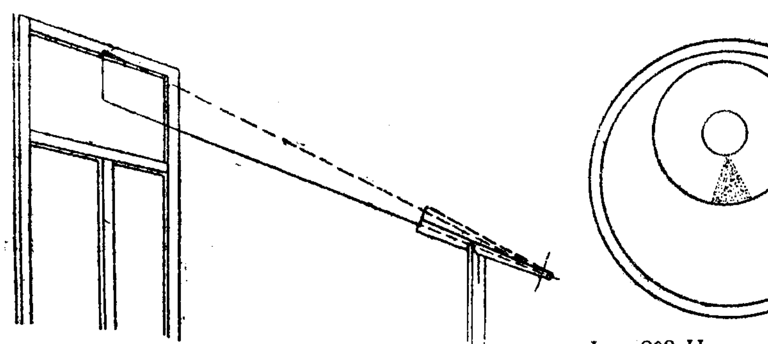
Правку стволов выполняют аналогично правке ствольных заготовок, применяя то же оборудование и инструмент. Однако следует указать, что правщик стволов должен быть особенно квалифицированным, так как от его опытности и умения зависит успех операции, наибольшая трудность и сложность которой заключается в определении мест изгиба. Отметим, что в свое время программа обучения правщиков стволов рассчитывалась на шестимесячную подготовку их.

Изгиб стволов в производстве определяют двумя методами: теневым и оптическим. Более распространен теневой метод.

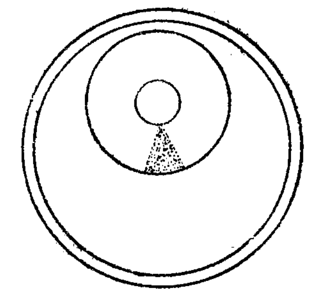
§ 61. Теневой метод контроля прямолинейности канала ствола

Сущность данного метода заключается в том, что при направлении канала ствола на экран, поставленный между источником света и концом ствола, на поверхности канала появляется теневой эффект, по очертанию которого можно установить наличие и место изгиба ствола.

Перед проверкой стенки канала ствола протирают, ствол укладывают на подставку и направляют одним из концов на экран, поставленный перед источником света. На наших заводах обычно для этой цели пользуются оконной рамой (фиг. 208).



Фиг. 208. Проверка канала по теневому методу.



Фиг. 209. Нормальный теневой контур.

Установив торец ствола на расстоянии 5—7 *см* от глаза и сосредоточив зрение на передней половине поверхности канала, следует осторожно поднимать обращенный к экрану конец ствола, пока экран или переплет рамы не бросит тень на нижнюю поверхность канала. Подводить ствол под экран надо таким образом, чтобы видеть только небольшую кромку экрана, а дульное кольцо, если осмотр производится с казенной части ствола, было видно полностью и вершина теневого контура касалась среза дульной части ствола. Так как по законам перспективы цилиндр представляется глазу всегда конусом, то на поверхности прямолинейного канала теневой контур будет иметь форму треугольника с основанием, обращенным к глазу осматривающего (фиг. 209), основание треугольника замечается по находящемуся около него световому кольцу.

Высота треугольника тени определяется следующей эмпирической формулой: $h = \frac{a + l}{2}$,

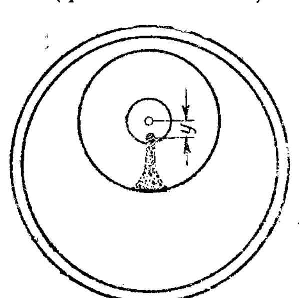
где h — высота треугольника;

a — удаление глаза от торца ствола;

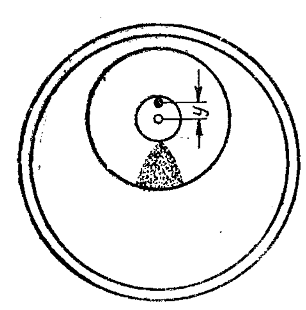
l — длина канала ствола.

Так как удаление глаз от торца небольшое, то высота теневого треугольника примерно равна половине длины канала ствола. Следовательно, для определения кривизны на всей длине ствола следует осматривать канал с казенной и дульной частей. Вместе с тем для суждения о прямолинейности канала ствола необходимо сравнивать четыре его тени. Для этого после получения первой тени ствол поворачивают на 180° вокруг оси, затем на 90° и снова на 180°.

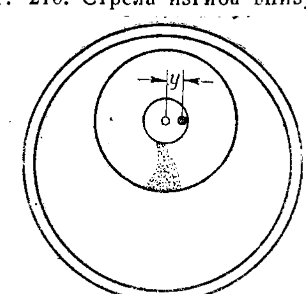
Если ствол искривлен, то тень на поверхности канала не будет отражена в виде правильного равнобедренного треугольника, а будет иметь иные очертания в зависимости от характера изгиба. Изгиб ствола может быть простым (пологим) и сложным. При простом, пологом, изгибе со стрелой изгиба, удаленной на ¼ от торца ствола, обращенного к экрану, очертание тени определяют, как это показано на фиг. 210—213. На фиг. 210 теневой треугольник вытянут, причем боковые его стороны вогнуты; это показывает, что стрела изгиба внизу. При положении стрелы изгиба вверху теневой треугольник сокращается, и стороны его становятся выпуклыми (фиг. 211). Если же стрела изгиба находится вправо или влево, то в зависимости от этого левая или правая сторона треугольника оказывается вогнутой, а противоположная — выпуклой (фиг. 212 и 213).



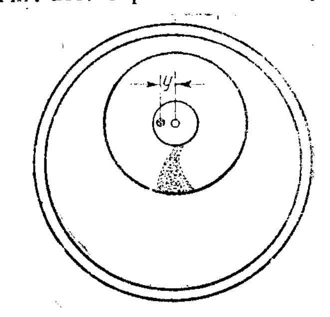
Фиг. 210. Стрела изгиба внизу.



Фиг. 211. Стрела изгиба вверху.

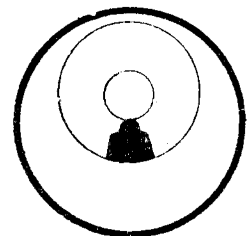


Фиг. 212. Стрела изгиба вправо.



Фиг. 213. Стрелка изгиба влево.

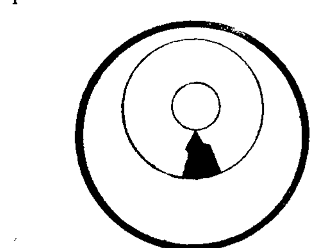
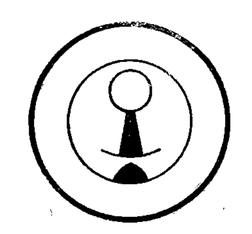
Если же ствол будет иметь крутой, более резкий изгиб, но со стрелой, также удаленной на ¼ от торца, то очертание тени представляется с двумя резкими перегибами сторон треугольника. При тени, показанной на фиг. 213, стрела изгиба располагается вверху. Если в этом случае, поднимая дульную часть, не довести вершину передней тени до соприкосновения с дульным концом,




Фиг. 214. Стрела изгиба вниз. Фиг. 215. Стрела изгиба вправо.

то на месте впадин сторон треугольника будет отчетливо видно светлое пятно. Если стрела изгиба направлена вниз, то очертание тени изменяется; черная сгущенная тень идет до середины (примерно) кольца, затем обрывается почти прямой линией и далее идет в виде треугольника, но с меньшим основанием, вследствие чего образуются уступы, и с закругленной вершиной (фиг. 214).

При стреле изгиба, обращенной влево, передняя часть треугольника, примерно около $^1/_3$ общей высоты тени, оказывается несколько смещенной вправо, а задняя часть треугольника имеет вогнутую правую сторону. Тень, получающаяся при повороте ствола стрелой изгиба вправо, представлена на фиг. 215. Если ствол повернуть вокруг оси, то тень примет вид, изображенный на фиг. 216.

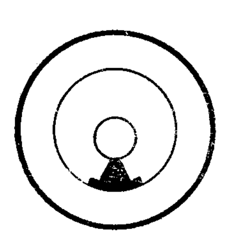
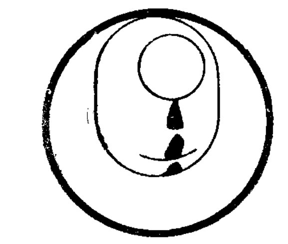



Фиг. 216. Стрела изгиба влево. Фиг. 217. Стрела изгиба в середине.

При положении стрелы изгиба ближе к середине ствола соотношение теневых фигур, составляющих общую тень, изменяется в обратном направлении, т. е. высота задней теневой фигуры уменьшается, а высота передней теневой фигуры увеличивается. При положении стрелы изгиба ствола в середине высота задней теневой фигуры примерно в три раза меньше высоты передней теневой фигуры. Если при этом стрела изгиба будет внизу, то между теневыми треугольниками будет световой перерыв (фиг. 217); передний треугольник представляется длинным с правильным очертанием сторон, а задний — с выпуклыми сторонами. При повороте ствола на 180° стрела изгиба займет противоположное положение, и тень примет вид, показанный на фиг. 218.

Когда ствол имеет изгиб в двух местах, расположенных в различных плоскостях, например, под углом 90°, и первая стрела изгиба совпадает с серединой ствола и обращена вниз, а вторая находится на ¼ длины его от дульного конца, обращенного к экрану, и направлена вправо, то в канале ствола тень представится в виде трех фигур с выпуклыми сторонами и притупленными вершинами (фиг. 219).

Таким образом в зависимости от характера изгиба ствола меняется характер отражаемой на поверхности его канала тени, что дает возможность опытному контролеру (правщику) достаточно точно определить положение стрелы изгиба и величину его, а затем произвести правку. Канал ствола осматривают обоими глазами; место изгиба отмечают мелом.

Фиг. 218. Стрела изгиба в середине. Фиг. 219. Изгиб в двух местах.

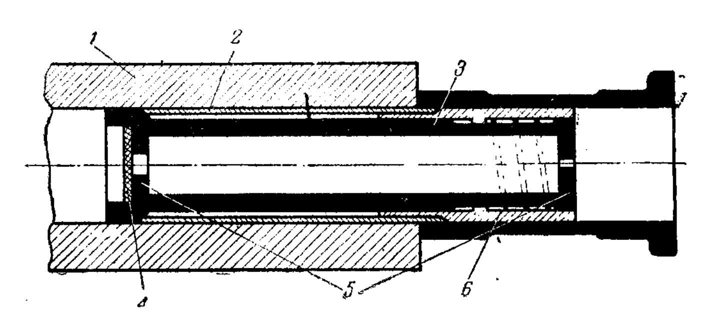
На некоторых иностранных заводах применяют несколько отличающийся теневой метод контроля, называемый кольцевым. В этом случае стволы ставят на пустотелые конусные центры и сквозь отверстие, имеющееся в вершинах каждого центра, с одного конца ствола пропускают в канал свет, а с другого конца контролер осматривает канал. Пучок света, прежде чем войти в канал, проходит через затемненный стеклянный диск, вставленный в конусный центр. На диске имеется прозрачное кольцо со средним диаметром 4,45 *мм*. Сквозь это кольцо свет падает в канал ствола и отражается от стенок канала в виде ряда световых колец, расположенных на разных расстояниях от глаза контролера. Если ось канала строго прямолинейна, то световые кольца будут казаться концентричными; в противном случае они смещаются эксцентрично в местах искривления канала.

§ 62. Определение изгиба ствола при помощи прибора «Точка»

Прибор «Точка» (фиг. 220) представляет собой самоцентрирующийся пустотелый калибр, плотно, без качки прилегающий к стенкам канала ствола. Таким образом достигается совмещение осей прибора и канала ствола. На концах центральной трубки прибора имеются две диафрагмы разных диаметров: меньшая —

0,5 *мм* и большая — 2,2 *мм*. Впереди большей диафрагмы помещен целлулоидный экран с нанесенными на нем точками.

Для проверки прямолинейности канала ствола прибор вставляют с дульной части, причем ствол укладывают на две опоры и направляют на матовый плафон электролампы, удаленный на 2—3 *м* от ствола.



Фиг. 220. Схема прибора „Точка".

1—ствол, *2*—калибрующая трубка, *3*—центральная трубка, *4*—экран, *5*—диафрагмы, *6*—пружина.

При осмотре канала ствола с помощью прибора точка целлулоидного круга, если ствол прямолинеен, будет располагаться в центре видимого светлого круга, отвечающего дульному входу, и при поворачивании ствола вокруг его оси сохранит свое центральное положение (фиг. 221). При проверке вращается ствол, а не прибор.

Если же ствол не прямолинеен, то точка целлулоидного круга кажется смещенной относительно центра светлого круга и при повороте ствола сохраняет свое относительное положение; направление смещения центра круга относительно точки указывает направление изгиба казенной части ствола относительно дульной.

Фиг. 221. Ствол прямолинеен.

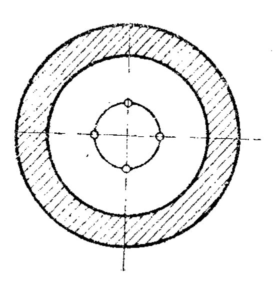
1—матовое кольцо, *2*—светлый круг, *3*—точка.

Следует, однако, иметь в виду, что в приборах точка целлулоидного круга может быть смещена относительно калибрующей части прибора. Если точка целлулоидного круга смещена относительно калибрующей части прибора немного, то в прямолинейном стволе при его вращении она опишет концентричную окружность, центр которой совпадает с центром светлого круга (фиг. 222). При значительном смещении точки на целлулоидном круге следует его заменить, поставив новый круг с точкой строго в центре.

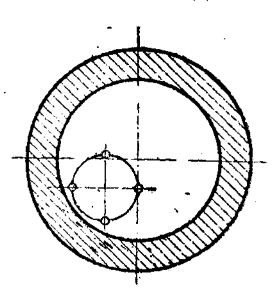
При пользовании прибором, точка на целлулоидном круге которого немного смещена в случае изгиба ствола, центр описываемой точкой окружности будет смещен относительно центра

светлого круга; направление смещения центра круга указывает на направление изгиба ствола (фиг. 223).

Данный прибор позволяет установить только относительное положение дульной и казенной частей, но не дает указаний о месте изгиба. Прибор требует тщательного наблюдения и строгой выверки на прямолинейных стволах. При проверке прямолинейности каналов длинных стволов следует учитывать возможность провисания их между опорами, поэтому какое-либо поджатие стволов в этом месте является недопустимым.



Фиг. 222. Небольшое смещение точки; ствол прямолинейный.



Фиг. 223. Ствол изогнут.

Глава X

НАРУЖНАЯ ОБРАБОТКА СТВОЛОВ

§ 63. Наружное обтачивание стволов стрелкового оружия

Наружное обтачивание стволов стрелкового оружия обычно слагается из двух операций — чернового и чистового обтачивания поверхности.

Черновое обтачивание чаще всего производят после глубокого сверления и чернового развертывания каналов стволов, но в отдельных случаях, например, в производстве стволов Брен, пушки ШВАК и т. д., ствол обтачивают перед глубоким сверлением. Когда черновое обтачивание производят до глубокого сверления, то величина общего припуска на наружную обработку увеличивается.

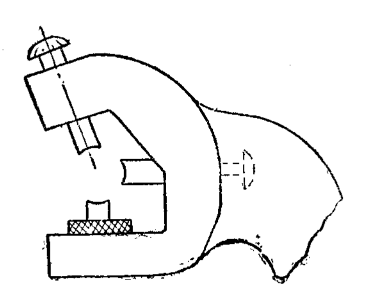
Наружную поверхность ствола окончательно обтачивают до образования нарезов. Это особенно важно в том случае, когда нарезы образуют путем дорнования, так как при этом уменьшается осевое усилие при проталкивании дорна.

Стволы обтачивают на токарных станках в центрах или в центре и патроне, при этом или расчленяют операцию на обтачивание ствола с казенной части, а затем с дульной или одновременно обрабатывают всю поверхность.

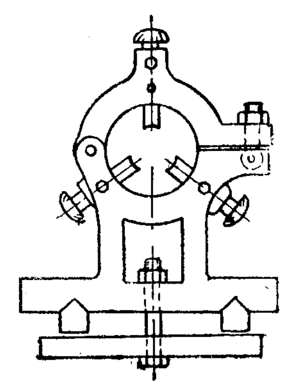
Чаще всего при обтачивании наружной поверхности одновременно образуют элементы для монтажа некоторых деталей на стволе и элементов, обусловленных чертежом ствола (конические скаты и т. п.). Для придания им требуемой формы в этом случае

обтачивают по копиру. Нередко эту операцию выполняют с помощью многорезцовых головок, что в значительной мере сокращает машинное время и способствует увеличению производительности.

Однако с увеличением количества одновременно работающих резцов увеличивается давление на ствол, которое может оказаться настолько значительным, что потребует уменьшения подачи, а следовательно, замедления обработки. Поэтому возможность применения большого количества резцов возрастает с увеличением толщины стенок ствола, например, при обработке крупнокалиберных пулеметных стволов.

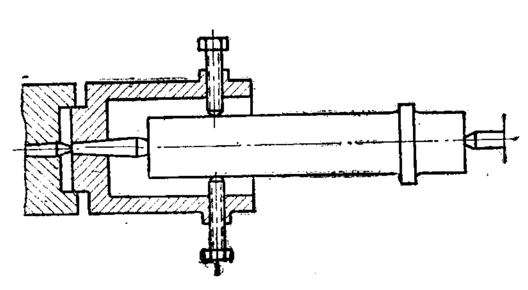



Фиг. 224. Подвижный люнет.



Фиг. 225. Неподвижный люнет.

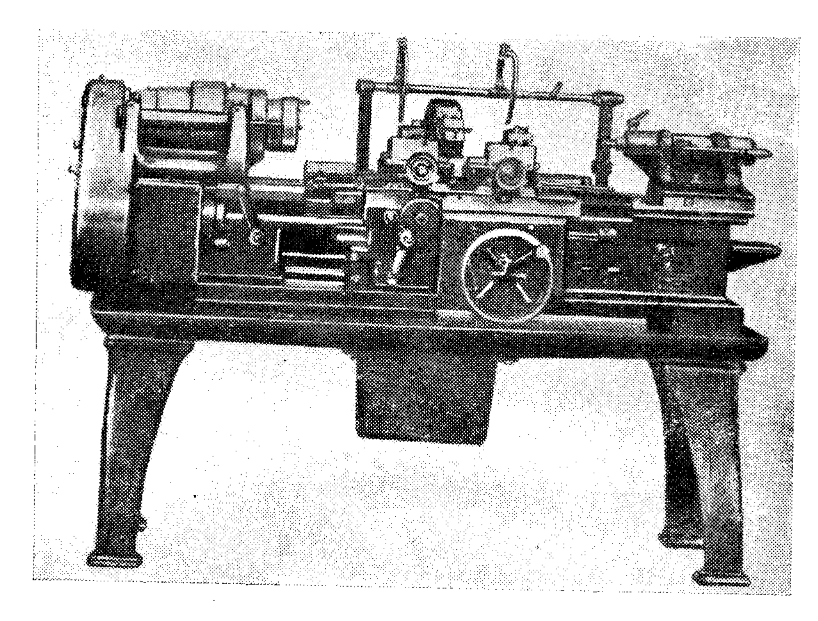
При обтачивании стволов всегда применяют люнеты (фиг. 224 и 225), поддерживающие ствол в одной или нескольких точках и предупреждающие изгиб ствола от давления резца. Для люнетов предварительно протачивают кольцевые короткие шейки на тех же токарных станках, обращая большое внимание на строгую концентричность шеек относительно канала ствола. Это заставляет применять для протачивания специальные приспособления (фиг. 226). Ствол устанавливают в приспособлении по калибрам, регулируя его положение винтами. Отрегулированный в приспособлении ствол вместе с ним устанавливают на станке, а затем протачивают шейки.



Фиг. 226. Приспособление для протачивания шеек.

Обтачивание стволов, как правило, производят при относительно больших скоростях резания и небольших подачах, например, на одном из заводов для чернового обтачивания стволов калибра 20 *мм* скорость резания установлена 62 *м/мин* и подача 0,48 *мм/об*, а для ствола калибра 12,7 *мм* 35 *м/мин* и 0,3 *мм/об*. При чистовой обработке первого ствола применяют скорость резания 37,5 *м/мин* и подачу 0,26 *мм/об*. На операциях применяют проходные резцы с напаянными пластинками твердых сплавов. В качестве охлаждающей жидкости употребляют эмульсию. Число проходов зависит от глубины резания, величины припуска и числа резцов, установленных в резцовой головке.

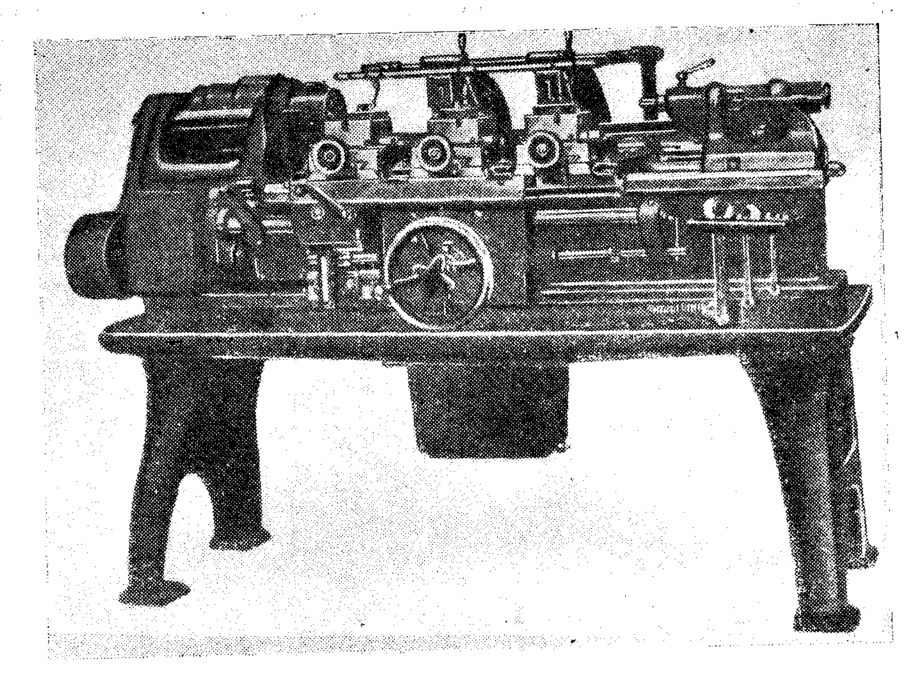
Современный токарный станок, применяемый для обработки стволов, должен быть снабжен самозажимным патроном, роликовыми люнетами, автоматическим движением и приспособлением для обратного хода резцов, а также автоматическим пуском в ход и остановкой охлаждения. Охлаждение должно быть обильным, чтобы ствол омывался вдоль по всей своей длине и не слишком нагревался.



Фиг. 227. Двухсупортный станок для протачивания шеек.

Рассмотрим некоторые примеры наружной обработки стволов. В практике германского производства ствол винтовки Маузер при наружном обтачивании укрепляют люнетами по меньшей мере в двух местах. Поэтому на стволе протачивают две шейки для люнетов (ширина шеек около 30 *мм*). Операцию выполняют на двухсупортном станке, подобном представленному на фиг. 227. Так как ствол по сравнению с его длиной очень тонок, то на нем для установки люнетов закрепляют втулку концентрично к ранее просверленному отверстию; после протачивания шеек втулку удаляют.

Всю наружную поверхность ствола обтачивают на токарном станке с тремя супортами (фиг. 228), работающем по принципу копирования. Ствол устанавливают в патрон и на центры станка и поддерживают двумя люнетами. Каждый из трех токарных рез-



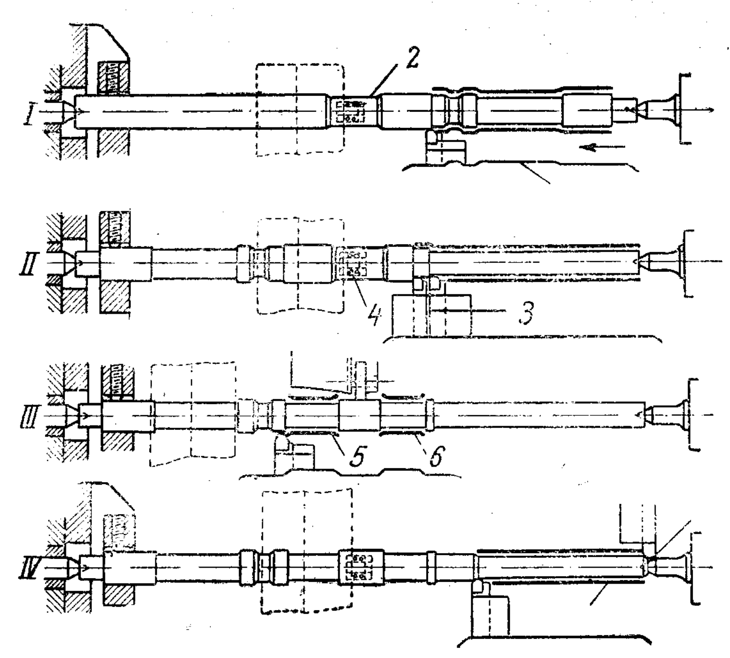
Фиг. 228. Трехсупортный станок для обтачивания ствола.

цов устанавливается на особой каретке *1* (фиг. 229), снабженной роликом, который с помощью сильной пружины прижимается к копировальной линейке *2*, расположенной в задней части станка.

Каретки *1* укреплены на общем супорте *3*. При продольном движении супорта *3* резцы совершают поперечное движение, соответствующее возвышениям и углублениям копировальной линейки *2*, и переносят таким образом форму последней на обтачиваемый ствол.

Фиг. 229. Схема копира.

Наружная обработка стволов пулемета Брен начинается с торцевания, зацентровывания и обтачивания коротких шеек на конус и в середине для поддержания ствола в люнетах при обтачивании его. Наружное обтачивание ствола производят последовательно, как это показано на фиг. 230. Казенную часть ствола обтачивают по копиру *1* резцом с пластинкой твердого сплава при подаче 0,11 *мм/об* и 750 об/мин. Ствол крепится в патроне

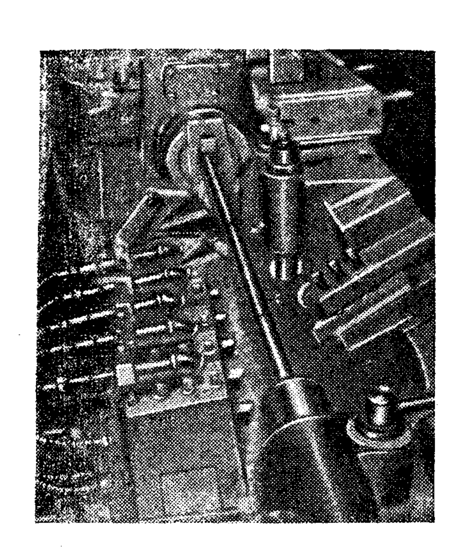


Фиг. 230. Обтачивание ствола пулемета Брен.

быстроходного токарного станка BSA и поддерживается в шейке *2* роликовым люнетом. Дульную часть обтачивают на цилиндр двумя резцами *3* до диаметров 24,76 и 25,9 *мм* с подачей до 0,075 *мм/об* и 750 об/мин, поддерживая люнетом *4*. Шейки *5* и *6* протачивают с подачей 0,11 *мм/об* и 750 об/мин, поддерживая ствол двумя люнетами. Вторично дульную часть ствола обтачивают до диаметра $21{,}2^{-0{,}25}$ одним резцом переднего супорта, при этом одновременно резцом заднего супорта снимают фаску на дульном торце.

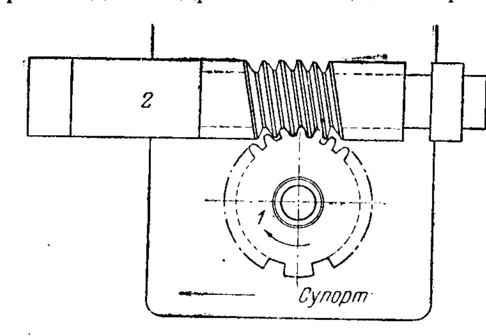
Чистовое обтачивание наружной поверхности производят в той же последовательности, на тех же токарных станках и теми же резцами получистового развертывания.

В такой же примерно последовательности обтачивают стволы винтовки М-1 системы Garand и крупнокалиберных пулеметов в арсенале Спрингфильд в США. Предварительной операцией яв-



Фиг. 231. Установка на многорезцовом полуавтомате Fay для обтачивания ствольной заготовки с дульной стороны.

ляется шлифование шейки для люнета, затем обтачивание ствола со стороны казенного среза на многорезцовом полуавтомате Fay. Станок имеет два супорта. На переднем супорте установлено семь резцов для продольного обтачивания, а на заднем — два резца для подрезывания. Для обработки стволов с дульной части на переднем супорте ставят пять резцов (фиг. 231), получающих продольную подачу под углом к линии центров. На заднем супорте ставят один резец для образования фасок на торце дульного среза.

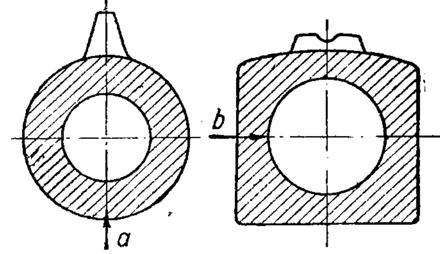


Фиг. 232. Схема обработки круглым резцом.

Для обработки стволов применяют также токарные станки общего назначения, работающие при помощи круглого резца *1* (фиг. 232), обкатывающегося по стволу *2*, укрепленному в люнете. Хотя эти станки обладают не очень высокой производительностью, но они благодаря фасонному резцу дают без копировальных приспособлений стволы любой формы и годятся для обтачивания поперечных ребер на пулеметных стволах с воздушным охлаждением.

§ 64. Особенности нарезания резьб на стволах

Резьба нарезается на стволах для соединения их со ствольными коробками, а также для присоединения к ним газовых камор, дульных тормозов и т. п. В первом случае резьба применяется или треугольная — при соединениях, не требующих быстрой смены ствола, или прямоугольная — при соединениях, требующих быстрой смены ствола. Чтобы лучше удовлетворить этому требованию, прямоугольную резьбу дополнительно фрезеруют обычно в трех секторах, вследствие чего на поверхности ствола получаются резьбовые сухари.



Фиг. 233. Начало резьбы на стволе и в коробке.

При резьбовом соединении ствола со ствольной коробкой положение его в коробке определяется началом или концом резьбы на спариваемых деталях. Допустим, что при нарезании резьбы на стволе начало нитки получено в точке *a* (фиг. 233), а при нарезании резьбы в ствольной коробке конец впадины нитки получен в точке *b*. При свинчивании ствола со ствольной коробкой заход его ограничится совмещением точки *a* с точкой *b*; при дальнейшем ввинчивании

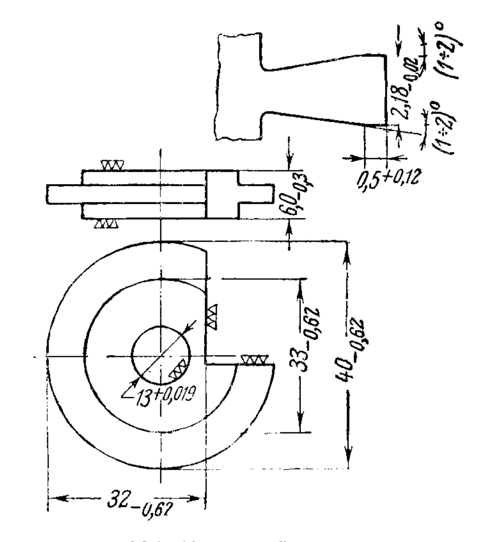
первый виток ствола будет врезаться в металл ствольной коробки, что если и может быть допустимо, то только в небольших пределах. Таким образом в этом случае ствол не будет доходить, вследствие чего отдельные элементы, например, мушка на стволе и целик на ствольной коробке, не будут взаимно координированы.

Это обстоятельство накладывает специфический отпечаток как на характер построения технологического процесса изготовления деталей и сборки их, так и на характер разработки отдельных операций. Очевидно, что основным требованием в этом случае является соблюдение одинаковой заходности резьбы и обработка координируемых элементов от точек начала резьбы.

Данная задача может быть разрешена различными способами в зависимости от характера внешних элементов спариваемых деталей. Так, одинаковой заходности резьбы можно достигнуть следующими путями:

1. Нарезание резьбы по заходу при соответствующей настройке станка.

2. Нарезание резьбы по заходу на одной из спариваемых деталей и нарезание резьбы из произвольной точки на другой детали, но с последующей фиксацией и отметкой точки захода резьбы в приборе-калибре, копирующем спариваемую деталь.



Фиг. 234. Дисковый резец.

3. Нарезание резьбы из произвольных точек и последующая разбраковка спариваемых деталей калибрами по подходу резьбы при обработке координируемых элементов от точек захода или нарезание резьбы после обработки указанных элементов с использованием их в качестве базы для нарезания.

4. Подбор спариваемых деталей в процессе сборки.

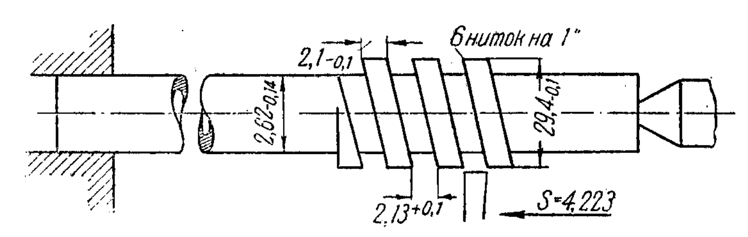
Все эти способы применяют в той или иной степени при обработке стволов.

Второй способ состоит в том, что резьбу на стволе нарезают, не соблюдая заходности до образования элементов, подлежащих координации, а резьбу в ствольной коробке нарезают по заходу.

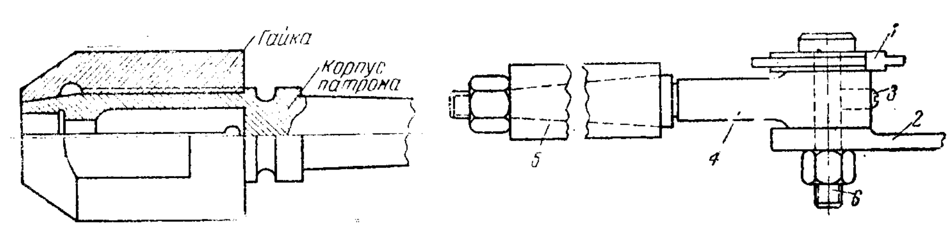
В качестве примера возьмем ствол ДП. Резьбу на казенной части ствола для соединения со ствольной коробкой нарезают на токарно-винторезном станке дисковым резцом (фиг. 234), изготовляемым из стали РФ1.

Установка ствола на станке показана на фиг. 235. Дульный конец ствола закрепляют в патроне (фиг. 236), а казенную часть

устанавливают на центре. Дисковый резец закрепляют в приспособлении (фиг. 237) головки супорта станка, устанавливая его относительно ствола, как показано на фиг. 238. В качестве смазывающе-охлаждающей жидкости употребляют осерненное масло, способствующее получению достаточно чистой поверхности. Толщина снимаемой стружки 0,16 *мм*. Число проходов до 14, из них один или два последних являются чистовыми для подравни-

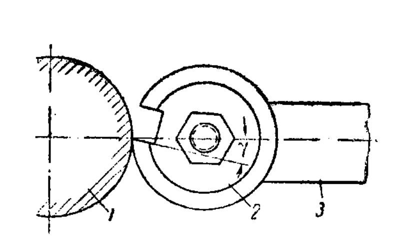


Фиг. 235. Установка ствола для нарезания резьбы.



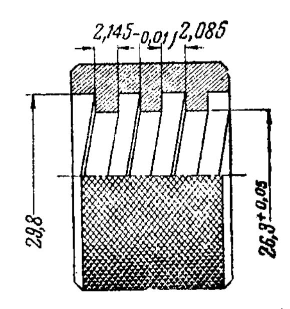
Фиг. 236. Патрон к токарному станку.

Фиг. 237. Дисковый резец с державкой.



Фиг. 238. Установка дискового резца.

1—ствол, *2*—резец, *3*—оправка.

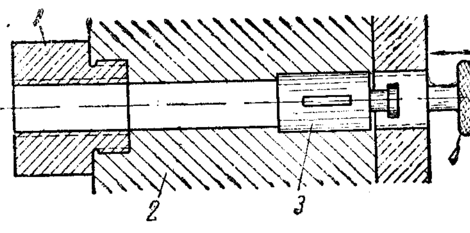


Фиг. 239. Резьбовой калибр.

вания толщины витков, особенно в начале и конце. Неровность толщины в начале витка обусловлена начальным действием реакции со стороны изделия на резец, заставляющей его отгибаться; аналогичное явление имеет место при выходе резца. Подача соответствует шагу резьбы, скорость резания — 5,63 *м/мин*.

Контроль резьбы калибрами слагается из проверки ширины резьбовой канавки и внутреннего диаметра предельными калибрами и из проверки шага резьбы и условий свинчиваемости проходным калибром (фиг. 239).

После контроля резьбы калибрами определяют точку захода ее, пользуясь для этого специальным прибором (фиг. 240). Внутренние размеры прибора соответствуют размерам ствольной коробки. Ствол ввинчивают в прибор до соприкосновения с торцом упора и после этого через окна прибора размечают: проводят риски на наружной поверхности ствола и на торце его. Эти риски служат в качестве исходных при дальнейшей обработке элементов пенька ствола и при нарезании резьбы для газовой каморы.



Фиг. 240. Определение точки захода резьбы.

1—резьбовая втулка, *2*—колодка, *3*—упор, *4*—маховичок.

В приборе ствол занимает то положение, которое он будет иметь при сборке в ствольной коробке.

Резьбу в ствольной коробке для соединения со стволом нарезают по заходу с таким расчетом, чтобы конец впадины нитки соответствовал таковому в вышеуказанном приборе. Это требование разрешается посредством соответствующей настройки станка.

Н а р е з а н и е р е з ь б ы н а с т в о л е д л я г а з о в о й к а м о р ы. Газовая камора должна занимать на стволе всегда строго определенное положение относительно ствольной коробки. Поэтому при нарезании резьбы для нее в качестве базы используют точки захода резьбы сухарного соединения. Чтобы достигнуть этого, устанавливают ствол в приспособлении, сходном с описанным выше, внутренние размеры которого идентичны. Риска, проведенная на стволе при разметке, указывает на начало нитки на цилиндрической поверхности в точке *1* (фиг. 241) для резьбы газовой каморы.

Фиг. 241. Установка для нарезания резьбы газовой каморы.

Подводя режущий инструмент к риске на цилиндре, можно получить достаточно точное положение начала захода резьбы по отношению к базовой точке. Однако такая установка инструмента при каждой перемене ствола весьма кропотлива и поэтому нежелательна. Вследствие этого допускают известное отклонение в заходе резьбы, влияние которого на недоворот газовой каморы устраняют при свинчивании с допустимым натягом.

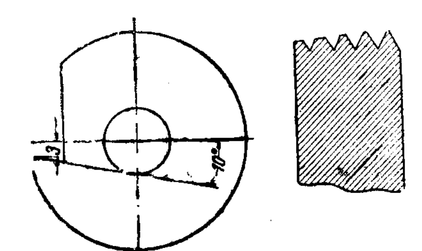
Обычно станок настраивают периодически, используя ствол-калибр, имеющий точный размер C_2. Установку приспособления в шпинделе станка и инструмента осуществляют по этому кали-

бру ствола. При такой настройке станка ошибка в начале резьбы на стволах зависит от допуска на размер C_2: чем больше этот допуск, тем больше ошибка.

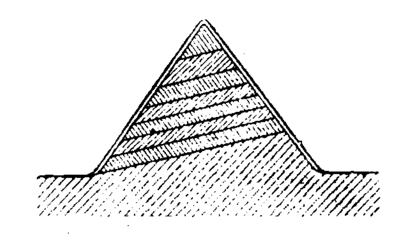
Для устранения больших ошибок в заходе резьбы при больших допусках на размер C_2 разбраковывают стволы на две или несколько партий. С переходом от обработки партии стволов с максимальными размерами C_2 к партии с меньшими размерами верхние салазки супорта смещают к изделию на величину разности верхних предельных размеров стволов смежных партий.

Величину ошибки в угле захода резьбы в зависимости от допуска на размер C_2 можно определить следующим образом. Допустим, что станок настроен по размеру $C_{2\,max}$, а для нарезания резьбы поставлен ствол с размером $C_{2\,min}$. Тогда линейная ошибка в начале резьбы определяется разностью предельных размеров:

$$\Delta C_2 = C_{2\,max} - C_{2\,min}.$$



Фиг. 242. Гребенка для нарезания резьбы.



Фиг. 243. Стружки, снимаемые резцами гребенки.

Угол поворота $\varphi = 360°$ отвечает линейному смещению, равному шагу резьбы; соответственно этому величина ошибки в угле захода резьбы будет

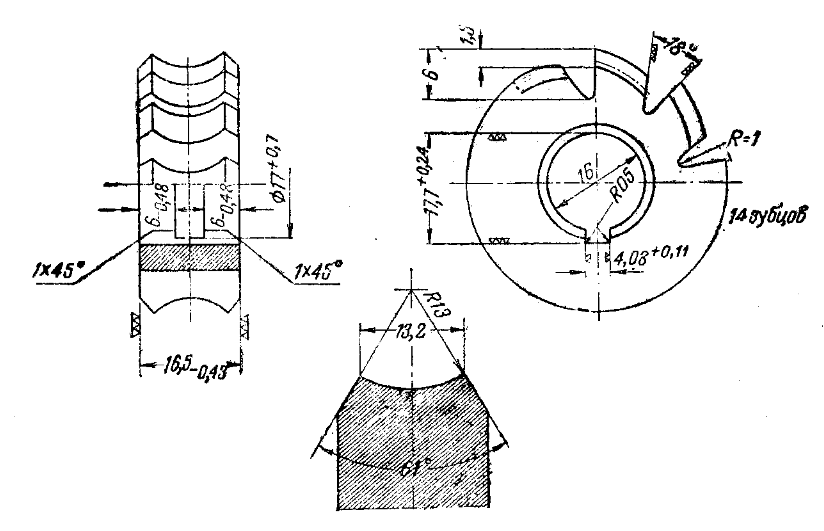
$$\Delta\varphi = \frac{\Delta C_2 360°}{t}.$$

Так как посадка газовых камор на стволе должна обеспечивать прочность соединения, то размер калибра ствола подбирают с расчетом на недоход по подходу резьбы, чтобы при свинчивании с газовой каморой получить натяг.

Резьбу для газовой каморы нарезают на стволе гребенкой (фиг. 242). Для равномерного распределения нагрузки на резцы гребенки их скашивают под углом, кроме двух последних. Сечения стружек, снимаемых резцами гребенки, показаны на фиг. 243. Резьбу нарезают за один проход. Операцию выполняют на токарно-винторезном станке.

Рассмотрим особенности операции по образованию сухарей резьбы на стволе для соединения его со ствольной коробкой.

Резьбу на стволе для образования сухарей фрезеруют на вертикально-фрезерных станках фасонными фрезерами (фиг. 244) соответственно наружному диаметру гладкой части ствола, причем фрезерованные секторы должны занимать строго определенное положение друг относительно друга и относительно точки захода резьбы. Такая координация обеспечивает нормальный заход ствола в ствольную коробку. Таким образом для установки данной операции основной базой является точка захода резьбы; соответственно этому строят приспособление и устанавливают в нем ствол.



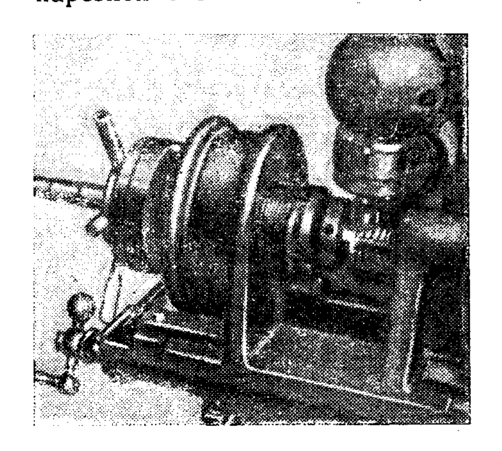
Фиг. 244. Фрезер.

В производстве на данной операции применяют несложные приспособления, напоминающие делительные головки простейшего вида. С помощью делительного механизма ствол устанавливают в трех позициях относительно режущего инструмента и тем самым достигают строгой координации фрезеруемых элементов друг относительно друга. Ствол устанавливают в приспособлении казенной частью по рискам, нанесенным при разметке от точки захода резьбы. Подобная установка позволяет профрезеровать резьбу при строго определенном положении сухарей относительно базы — точки захода резьбы.

При дальнейшей операции по скашиванию концов сухарей соблюдают указанные требования. Сухари резьбового соединения скашивают на концах под некоторым углом (25°) для облегчения быстрого сцепления ствола со ствольной коробкой. Скашивать сухари резьбы можно на фрезерном станке концевым фрезером с установкой, показанной на фиг. 245.

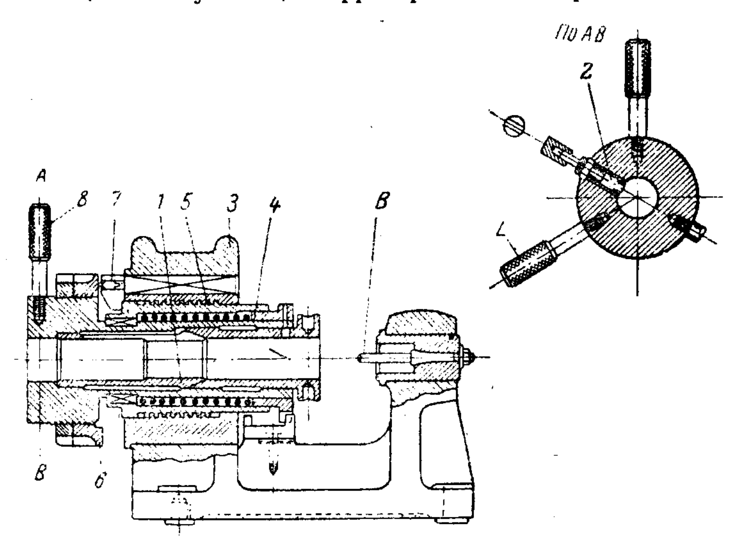
Ствол закрепляют в специальном приспособлении, позволяющем ему поворачиваться при работе. Разрез приспособления показан на фиг. 246. В приспособлении ствол зажимается цангой *1*,

помещающейся в двойной втулке. Ствол закрепляют всегда в строго определенном положении, которое фиксируется стопором 2, входящим в паз на стволе. Наружная втулка 5 снабжена нарезкой с таким же шагом, как и нарезка ствола, поэтому она ввинчивается в гайку 3. Внутренняя втулка 4 может перемещаться в осевом направлении внутри втулки 5. Под действием винтовой пружины втулка 4 стремится передвинуться вправо, вследствие чего торцовый кулачок 6, навинченный на фланец втулки, прижимается к ролику 7.



Фиг. 245. Установка для скашивания концов нарезки на фрезерном станке.

При повороте втулки 4 за рукоятку 8 стволу сообщается винтовое движение соответственно его нарезке. Во время вращения ствола фрезер находится во впадине его резьбы до момента набегания одного из выступов кулачка на ролик 7. Когда кулачок набегает на ролик, втулка 4 вместе со стволом перемещается влево, кольцо во втулке 5, и фрезер начинает резать металл на

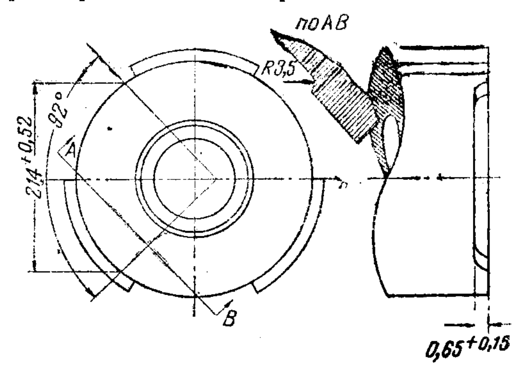


Фиг. 246. Приспособление для фрезерования концов нарезки на стволе.

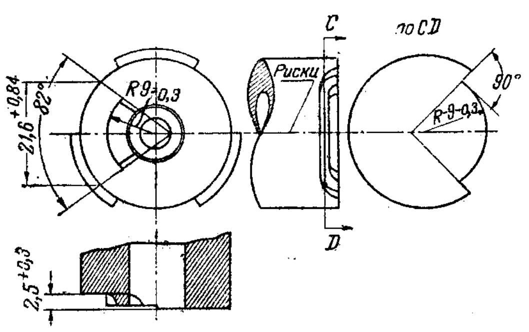
боковой грани витка. Профиль выступов на кулачке определяет глубину и длину фрезерования. Благодаря указанной фиксации ствола выступы кулачка 6 всегда правильно ориентированы относительно концов витков сухарей.

§ 65. Подрезание торца пенька ствола и обработка его элементов

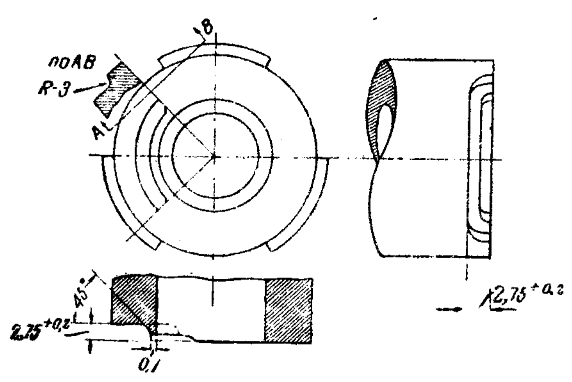
Торец пенька ствола после глубокого сверления чаще всего подрезают дважды: как правило, перед черновым и перед получистовым развертыванием патронника. В отдельных случаях



Фиг. 247. Фрезерование контура для выбрасывателя: переход *I*.

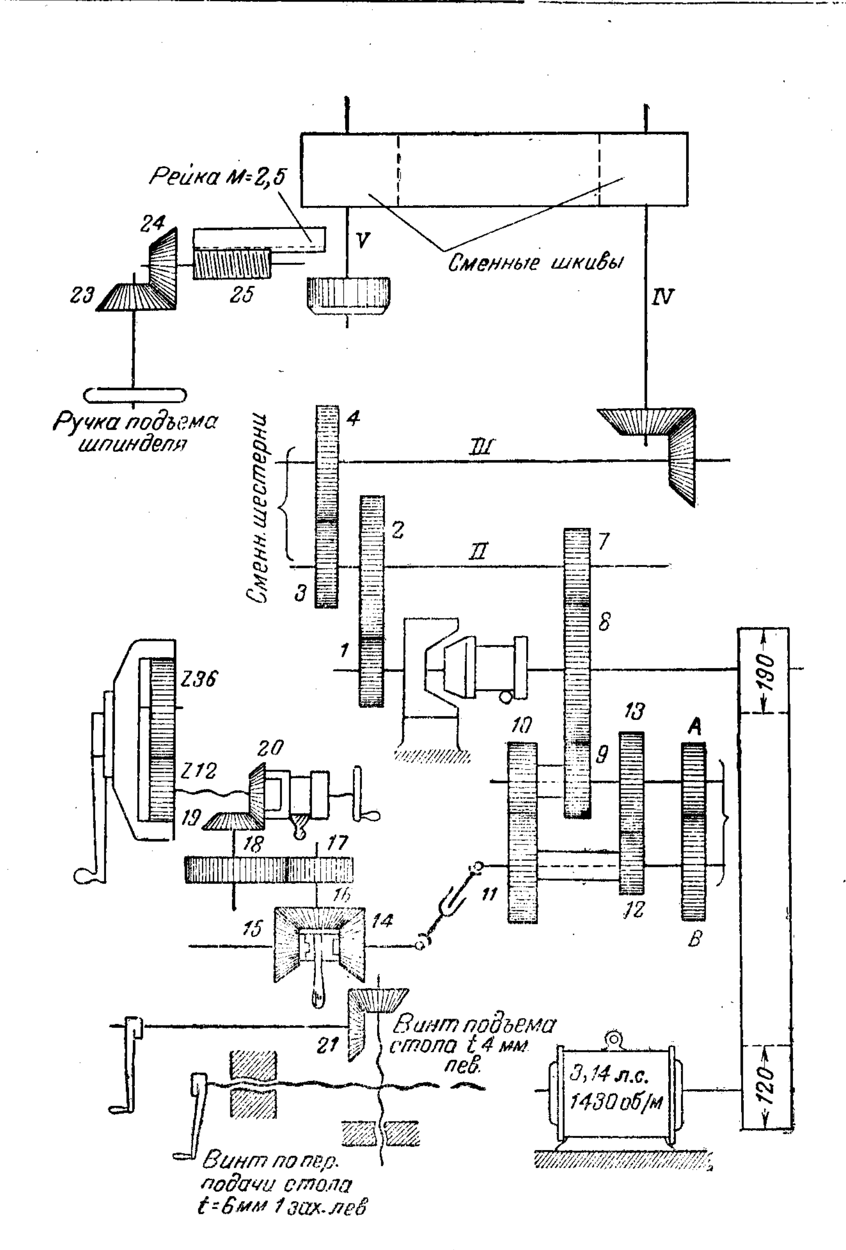


Фиг. 248. Фрезерование контура для выбрасывателя: переход *II*.



Фиг. 249. Фрезерование контура для выбрасывателя: переход *III*.

второе подрезание согласуют с нарезанием резьбы на пеньке ствола для соединения со ствольной коробкой так, чтобы получить точный размер начала резьбы.



Фиг. 250. Кинематическая схема вертикально-фрезерного станка Горьковского завода.

Торец подрезывают на обычных токарных станках подрезным резцом, обращая основное внимание на перпендикулярность торца относительно оси канала ствола.

Выемки для выбрасывателя и досылателя на торце в отдельных конструкциях стволов, как, например, в ДП (фиг. 247, 248, 249), фрезеруют на вертикально-фрезерных станках концевыми или торцевыми фрезерами.

Фрезерование всегда производят после обработки элементов соединения ствола со ствольной коробкой, чтобы использовать их в качестве базы и обеспечить тем самым правильное относительно затвора положение этих элементов.

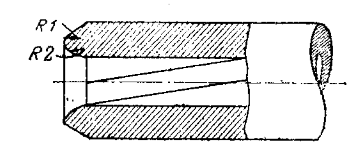
В случае резьбового соединения (как в ДП) ствола со ствольной коробкой базой является начало нитки резьбы, и соответственно этому применяют приспособление для установки ствола.

Выемки на торце ствола ДП фрезеруют за четыре перехода, применяя для этого вертикально-фрезерные станки Горьковского завода, кинематическая схема которых представлена на фиг. 250.

§ 66. Обработка дульного среза

Обработка дульного среза состоит из двух или трех операций, выполняемых на обычных токарных станках. На последней операции дульному срезу придают окончательную форму, причем для этого обычно применяют фасонный фрезер.

Основное внимание при обработке дульного среза обращают на перпендикулярность его относительно оси канала ствола. Этого достигают путем правильного отрезания дульной части или подрезания дульного среза и равномерного подрезания внутреннего ската дульного среза (односторонний съем металла влияет на правильность направления пули при вылете из канала ствола).



Фиг. 251. Дульный срез.

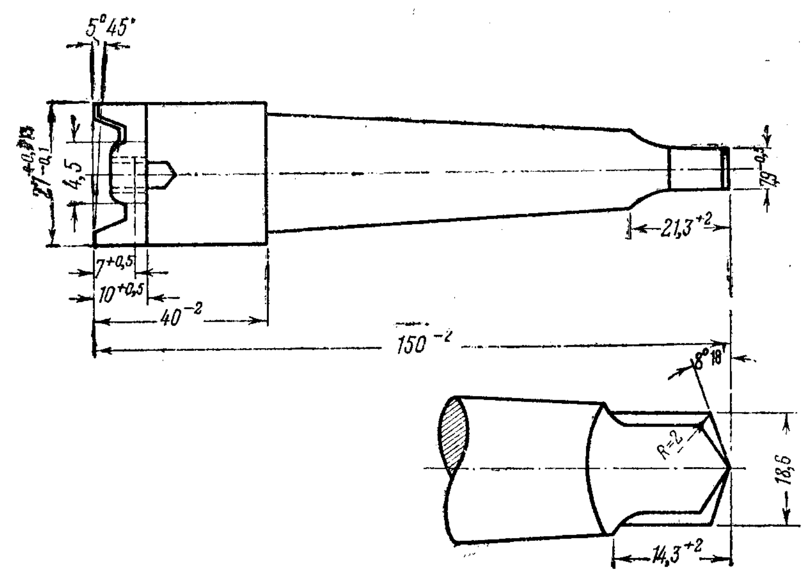
Равномерного подрезания дульного среза и его внутреннего ската достигают путем строгого совпадения осей ствола и инструмента, для чего нередко применяют направляющие втулки, в которые заводят режущий инструмент и дульный конец ствола.

Обработка дульного среза ДП для придания ему формы, показанной на фиг. 251, производится фасонным фрезером (фиг. 252) на токарно-винторезном станке.

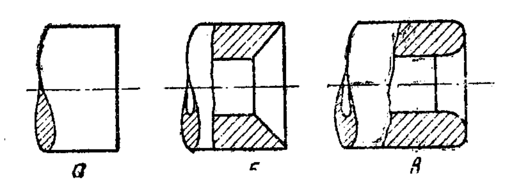
При внутреннем подрезании фрезер вставляют конусной частью в приспособление и зажимают болтами; приспособление закрепляют в шпинделе. Ствол казенной частью устанавливают на центре задней бабки, а дульный конец заводят в отверстие направляющей втулки к режущей части фрезера. Фрезер получает вращение от шпинделя, а подача сообщается стволу вручную. Профиль дульного среза проверяют специальным калибром.

Обработка дульного среза ПМ слагается из подрезания дульной части (фиг. 253,*а*) отрезным резцом, из подреза

ния дульного среза (фиг. 253,*б*) подрезным резцом и из обработки дульного среза специальным профильным резцом (фиг. 253,*в*); все операции выполняют на токарном станке.



Фиг. 252. Фасонный фрезер для обработки дульного среза.



Фиг. 253. Обработка дульного среза.

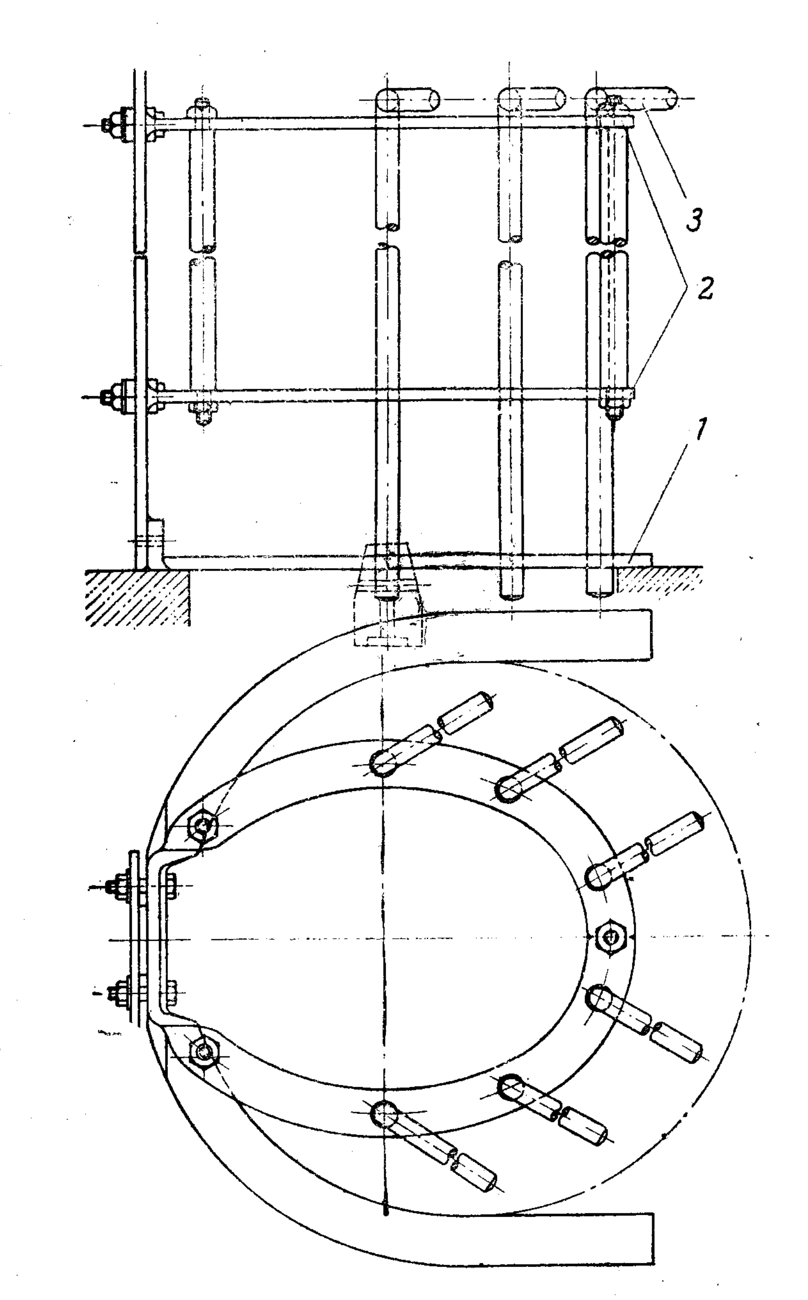
Обработка дульного среза винтовки обр. 1891/1930 гг. слагается из подрезания дульной части и закругления ее фасонным фрезером; обе операции выполняют на токарном станке.

Глава XI

ТЕРМООБРАБОТКА, ХРОМИРОВАНИЕ И ОКСИДИРОВАНИЕ СТВОЛОВ СТРЕЛКОВОГО ОРУЖИЯ

§ 67. Термообработка стволов стрелкового оружия

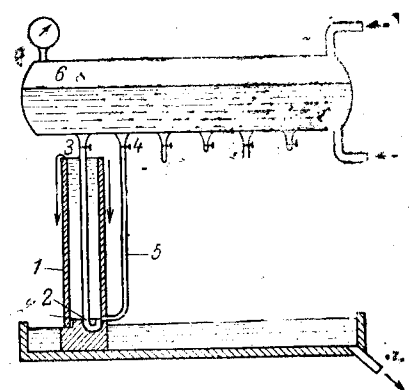
Термообработке при механической обработке подвергают главным образом стволы калибра 7,62 *мм*, изготовленные из ствольной углеродистой стали; при этом проводят общую термообработку ствола и термообработку отдельных его элементов, например, пенька. Общая термическая обработка имеет целью повышение



Фиг. 254. Приспособление для установки стволов в свинцовой ванне.

механических качеств стволов; она является окончательной термической операцией. Пенек ствола подвергают термической обработке только в тех случаях, когда он воспринимает удары приходящего в переднее положение затвора. У стволов автоматического оружия пенек, как правило, термически обрабатывают, чтобы исключить возможность местного смятия металла на торце пенька.

Общая термическая обработка стволов из углеродистой стали состоит из закалки и отпуска. Ее производят после сверления и чернового развертывания канала и предварительного чернового обтачивания наружной поверхности ствола. При такой последовательности операций достигают лучшей прокаливаемости металла ствола вследствие уменьшения толщины стенок и вместе с тем обеспечивают получение требуемых чертежом размеров при последующей внутренней и наружной обработке.



Фиг. 255. Схема устройства закалочного аппарата.

Стволы нагревают для закалки в двух свинцовых ваннах. В первой ванне, имеющей температуру 650—670°, стволы предварительно подогревают с выдержкой 2—4 мин. Во второй ванне, имеющей температуру 830—850°, стволы окончательно нагревают с той же выдержкой. В некоторых случаях (при стали с крупным зерном) температуру ванны снижают до 820—830° и даже до 800°.

Чтобы избежать всплывания стволов в свинцовых ваннах, для установки их применяют специальное приспособление (фиг 254), имеющее шамотные державки *1* на концах стержней *2*. Стволы подводятся под шамотные державки и упором *3* удерживаются в них от всплывания. Одновременно в ванне можно нагревать до шести стволов. Стволы переносят из первой ванны во вторую по одному.

Нагретые для закалки стволы охлаждают в специальных аппаратах, обеспечивающих равномерное охлаждение внутренней и наружной поверхностей ствола по всей его длине (фиг. 255 и 256), применяя в качестве охлаждающей среды машинное масло. Этот способ охлаждения обеспечивает лучшее прокаливание ствола во всех его сечениях, что вместе с тем дает возможность получать однородную структуру металла, а следовательно, и примерно одинаковую твердость после отпуска по всей длине ствола. Это особенно важно для дорнования нарезов.

Для охлаждения нагретые стволы вводят в жестяной цилиндр *1* (фиг. 255) (бурак) и ставят казенным торцом на патрон *2*, а дульную часть подводят под кран. Краны 3 и 4 сразу же открывают, и масло, находящееся под давлением 4—5 *ат*, с большой скоростью проходит по каналу из крана *3*, охлаждая ствол

По АА

Сварка

Фиг. 256. Общий вид закалочного аппарата.

изнутри, и из крана *4* через шланг *5* внутрь бурака, охлаждая ствол снаружи. Быстрое заполнение бурака достигается тем, что масло, прошедшее через канал ствола, поступает также внутрь бурака через отверстие в патроне. При наполнении бурака масло стекает в жолоб, и кран *4* закрывается. Для создания требуемого давления в баллоне *6* внутрь его подается воздух от воздушного компрессора.

Общая продолжительность охлаждения стволов—10—15 мин., она зависит от толщины стенок, например, стволы винтовок охлаждают меньше, а стволы пулеметов типа ДП — больше, и зависит также от температуры масла, которая с 30° в начале работы повышается до 70° к концу работы смены.

Описанный способ охлаждения стволов обеспечивает лучшее прокаливание металла по всей длине ствола, несмотря на применение умеренного охладителя — масла. Опыт показал, что применение более сильно действующего охладителя (воды) приводит к образованию трещин.

Надо отметить, что несколько лет назад применяли бураки небольшой высоты и масло не подавали внутрь бурака по дополнительному шлангу; это не обеспечивало прокаливания ствола в дульной части. Данный дефект термической обработки оказался весьма существенным при введении дорнования нарезов.

Для отпуска стволы нагревают в свинцовых ваннах, таких же, как для закалки, до температуры, устанавливаемой при пробном отпуске 5—10 стволов, взятых из данной партии. Охлаждение производят на воздухе.

Пробный отпуск производят в следующем порядке: закаленные стволы проверяют по твердости, и если последняя окажется больше $H_B = 400$, то температуру отпуска принимают 600°; если твердость $H_B = 300$—400, то температуру отпуска устанавливают около 550°, а при твердости меньше $H_B = 300$ температуру отпуска снижают до 480—500°. На основании испытания пробных 5—10 стволов устанавливают температуру и время выдержки при нагреве для отпуска всей партии.

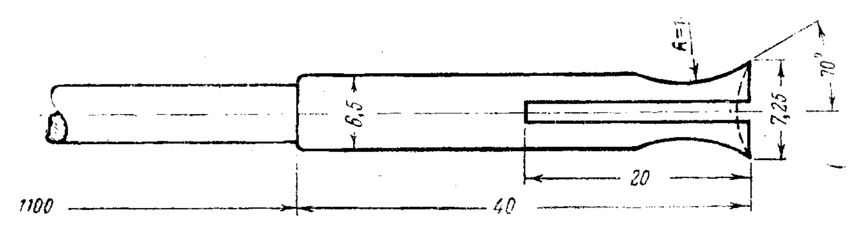
Стволы загружают в ванну дульной частью вверх.

Указанные отклонения в режиме термической обработки и необходимость опытным путем подбирать режим отпуска обусловлены состоянием металла стволов, поступающих в термический цех. Поэтому для быстрого и правильного установления нужных режимов серьезное значение имеет разбраковка стволов по номерам плавок перед термической обработкой.

При нагреве стволов в свинцовых ваннах поверхности их каналов покрываются окислами свинца и окалиной, которые следует удалять перед дальнейшей обработкой канала, чтобы устранить вредное их воздействие на развертку. Для удаления свинца канал сразу же после термообработки чистят специальным инструментом (фиг. 257), который вводят в канал ствола.

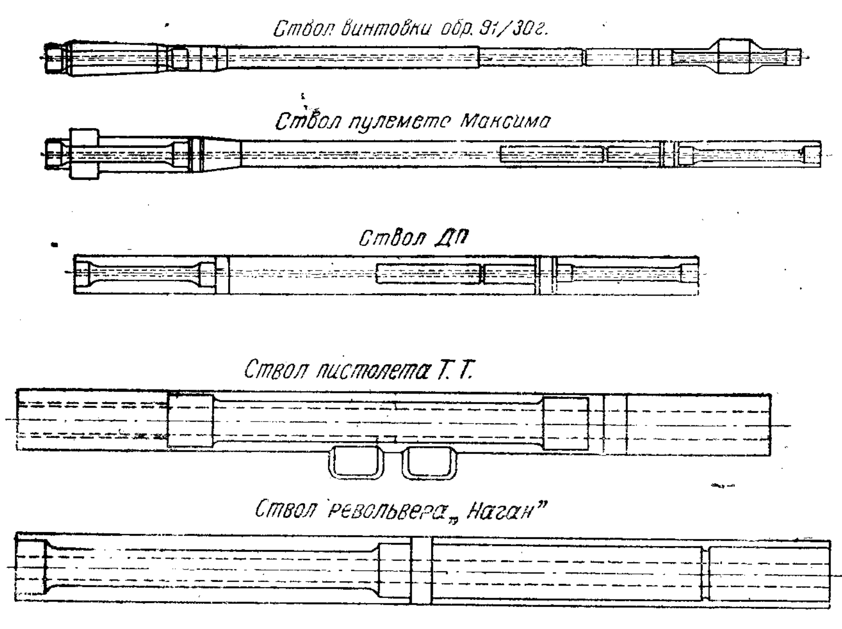
Окалину после термообработки можно также удалять путем травления в 10—12%-ном растворе серной кислоты, подогретой до 80—90°, выдерживая 15—20 мин. После травления стволы

промывают холодной водой в ванне в течение 1,5—2 мин. и затем нейтрализуют в ванне, подогретой до 80—90°, с раствором поташа в течение 4—5 мин. Для более полной нейтрализации целесообразно приводить стволы в движение.



Фиг. 257. Инструмент для удаления свинца.

Для контроля термической обработки у всех стволов определяют твердость и определенный процент от партии испытывают на разрыв и удар, а также исследуют микроструктуру. Образцы для испытания вырезают, как это показано на фиг. 258.



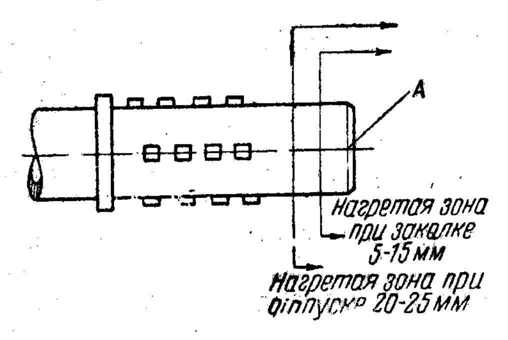
Фиг. 258. Места взятия образцов для испытаний.

Ранее термической обработке (закалке и отпуску) после глубокого сверления подвергали также стволы пулемета ШКАС и ШВАК, изготовляемые из стали 0,392, причем эту операцию проводили так, как это указано выше. Такая термообработка облегчала глубокое сверление (меньший расход сверл и т. п.).

В некоторых случаях стволы подвергают контролю на магнитном дефектоскопе для выявления трещин после закалки.

§ 68. Термообработка пенька ствола ДП и ШВАК

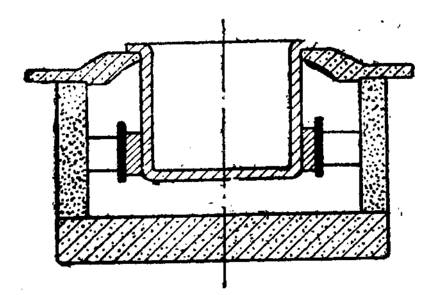
Термическая обработка пенька ствола ДП, так же как и ствола пушки ШВАК, слагается из закалки и отпуска. Она имеет целью повысить твердость пенька, так как в данных системах венчик затвора при приходе его в переднее положение ударяет по торцу пенька.



Фиг. 259. Зоны нагрева пенька.

Зона нагрева пенька ствола при закалке и отпуске показана на фиг. 259. Нагрев для закалки производят в закалочной печи ВУ-22 (фиг. 260), которая состоит из хромоникелевого тигля (22% Ni, 10—12% Cr, 0,60—0,70% C), наполняемого свинцом, нихромового нагревателя и футеровки. Нагревают электрическим током с напряжением 120 *в* и силой 140 *а*. Стволы для нагрева устанавливают в приспособлении (чугунная плита) по 10 шт. (стволы ШВАК по два) с таким расчетом, чтобы зона нагрева была не больше 5—15 *мм*. Нагревают до 850—870° в течение 2 мин., а охлаждают в веретенном масле с температурой 40—80° в течение 15 мин. Опускание стволов в масло производят быстрым движением при вертикальной установке.

Для отпуска стволы нагревают в свинцовой ванне до 430—460° (стволы пушки ШВАК до 420—440°) в течение 7 мин. Стволы по 48 шт. (стволы ШВАК по шесть) загружают в ванну на глубину 20—25 *мм*. После нагрева их охлаждают на воздухе. Твердость в зоне закалки должна быть $R_c = 37—44$.



Фиг. 260. Нагревательная печь ВУ-22.

При неправильном проведении термообработки возможно появление цветов побежалости и окалины на сухарном соединении. Чтобы избежать вредного действия на металл ствола окислов свинца, ванну периодически раскисляют древесным углем, который засыпают в коробку с отверстиями и опускают в свинцовую ванну при 700° на 10—15 мин., т. е. до полного сгорания. Для предупреждения окисления свинца поверхность ванны прикрывают слоем дробленого угля.

После закалки патронник проверяют калибром с риской, чтобы определить раздутие. Если имеется раздутие, то производят повторную закалку на большей длине.

§ 69. Хромирование поверхности каналов стволов стрелкового оружия

Хромирование поверхности каналов стволов стрелкового оружия применяют для повышения их живучести, главным образом для увеличения износоустойчивости против механического истирания поверхности каналов стволов оболочкой пули. Вместе с тем хромирование поверхностей каналов стволов повышает и их антикоррозионную и эррозионную стойкость.

Поверхность канала ствола хромируют или полностью, т. е. нарезную часть и патронник, как, например, в стволах ДП, или только нарезную часть и пульный вход, как в стволах ПТР. В последнем случае, чтобы хром не откладывался на поверхности патронника, его изолируют.

Хромирование состоит в электролитическом осаждениии слоя хрома на поверхности канала ствола. Толщина откладываемого слоя хрома при этом может быть различной; в зависимости от этого в производственной практике различают два вида хромирования: «тонкое» хромирование со слоем хрома в 0,035—0,1 до 0,2 *мм* по диаметру и «толстое» хромирование — слой хрома больше 0,2 *мм* по диаметру. При «толстом» хромировании эффект в части повышения живучести стволов является наибольшим, особенно если при этом после хромирования стволы прогревают в электропечах в атмосфере азота или в сыпучих телах (например, в песке). Так, для стволов ДП было достигнуто увеличение их живучести примерно в два раза (до 30 000 выстрелов) при слое хрома 0,3 *мм* и прогреве в атмосфере азота (в течение 4 час. при 500°).

В зависимости от назначаемой толщины слоя хрома увеличиваются размеры по сечению канала ствола под хромирование для окончательной его механической обработки.

Для правильного хромирования и получения наиболее качественной поверхности канала все стволы подвергают ряду подготовительных операций.

§ 70. Подготовка стволов к хромированию

Подготовка стволов к хромированию слагается из следующих операций: чистовая обработка поверхности канала, разбраковка стволов по группам в зависимости от размеров каналов, обезжиривание стволов, их травление и промывка.

Чистовая обработка поверхности канала ствола перед хромированием обычно заключается в полировании поверхности (свинцевании) по нарезам и полям. В отдельных случаях применяют «уплотнение» полей протягиванием через канал гладкого пуансона. Эта операция имеет целью получить чистую поверхность канала и сделать ее настолько гладкой, чтобы хром отлагался равномерно во всех точках.

Следует иметь в виду, что отложение хрома при электролизе происходит неравномерно, т. е. в точках, которые находятся ближе к аноду, отложение хрома больше, а в удаленных от анода точках — меньше. Поэтому наличие на поверхности канала ца-

рапин, рисок, шероховатости даже незначительных размеров приводит вследствие неравномерного отложения хрома к увеличению рельефности их, и канал ствола при осмотре его на свет кажется серым, но не блестящим, каким он должен быть. Серость поверхности канала ствола из-за шероховатой поверхности недопустима, так как выступающие гребешки при движении пули по каналу весьма быстро снашиваются и поверхность основного металла в канале обнажается, что понижает живучесть и антикоррозийную стойкость ствола.

Стволы разбраковывают на группы в зависимости от действительных размеров по сечению нарезной части канала. Путем разбраковки устанавливают продолжительность хромирования стволов каждой группы, чтобы получить необходимую толщину откладываемого слоя хрома, при которой каждый ствол получит требуемые размеры.

Химическое действие электрического тока прямо пропорционально количеству электричества, протекающего через данный электролит, т. е. силе тока, умноженной на время. Это определяет зависимость между размерами по сечению канала ствола и временем хромирования при установленной силе тока во время электролиза.

Для разбраковки стволов пользуются специальными калибрами. Размеры калибров для стволов 14,5-*мм* ПТР указаны в табл. 26, а для стволов 7,6-*мм* ДП — в табл. 27.

Таблица 26

№ по пор.	Диаметр по полям *мм*		Диаметр по дну нарезов *мм*		Время хромирования мин.
	проходной	непроходной	проходной	непроходной	
1	14,56	14,63	14,98—14,99	15,05—15,06	70
2	14,57	14,64	14,99—15,0	15,06—15,07	80
3	14,58	14,65	15,00—15,01	15,07—15,08	90—100
4	14,60	14,67	15,01—15,02	15,08—15,09	110—120
5	14,61	14,68	15,02—15,03	15,09—15,1	130—140
		и т. д.			
9	14,68	14,75	15,06—15,07	15,14—15,15	210—220

В процессе хромирования продолжительность его уточняют в зависимости от условий работы (плотность тока, выход по току), например, для стволов 14,5-*мм* в табл. 28 приведены данные, которыми пользуются на практике при уточнении продолжительности хромирования.

Обезжиривание, травление и промывку стволов применяют для удаления жира, цветов побежалости, ржавчины, окалины и грязи с поверхности канала ствола, чтобы обеспечить нормальное отложение хрома и лучшее сцепление его частиц с основным металлом.

Стволы обычно обезжиривают в щелочных ваннах, содержащих 8—10%-ный раствор каустической соды, при температуре

80—100°. Для этого стволы собирают в рамках по нескольку штук и загружают в ванну на 20 мин.

Так как жиры на стволах могут быть различного происхождения (животные, растительные и минеральные), то одного кипячения в щелочных ваннах недостаточно для полного удаления всех видов жировых отложений. В щелочных ваннах растворяются и удаляются омыляемые жиры, т. е. животного и растительного происхождения, жиры же неомыляемые (минерального происхождения) могут быть растворены в керосине, бензине, эфире или же электролитическим путем.

Таблица 27

№ по пор.	Диаметр по полям *мм*		Диаметр по дну нарезов, *мм*		Время хромирования мин.
	проходной	непроходной	проходной	непроходной	
1	0,″3015	0,″3035	0,″3135	0,″316	45—50
3	0,″3025	0,″3035	0,″316	0,″3165	65
		и т. д.			
5	0,″3035	0,″3045	0,″3165	0,″317	80

Таблица 28

Сила тока *а*	Время в мин.														
	60	70	80	90	100	110	120	130	140	150	160	170	180	190	200
	Прибавка во времени, мин.														
150	5	5	5	5	5	10	10	15	15	15	15	20	20	20	20
140	10	10	15	15	15	20	20	20	25	25	30	30	35	35	40
130	20	25	25	30	30	35	35	40	40	45	45	50	50	55	60
120	25	30	35	35	40	45	50	50	55	60	60	65	70	75	75
110	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100	110
100	40	45	50	65	75	80	85	90	95	100	105	110	120	130	140

Для удаления жиров минерального происхождения электролитическим способом стволы, собранные в рамках, загружают в ванну, содержащую 8—15%-ный раствор едкого натра, с температурой 60—90° и через ванну пропускают электрический ток. При прохождении тока через щелочной раствор на поверхностях ствола и его канала происходит сильное выделение водорода и повышение концентрации щелочи по сравнению с концентрацией ее в электролите. Это способствует ускорению процесса обезжиривания.

Обработку загруженных в ванну стволов производят вначале на катоде в течение 1—0,5 мин., а затем на аноде в течение 1—2 мин. Напряжение тока на борту ванны 4—6 *в*.

Дополнительной операцией для наиболее полного удаления жира является протирание поверхности канала ствола кашицей гашеной извести при помощи обернутого марлей шомпола.

Травлением удаляют со стволов ржавчину и окалину; для этого пользуются ванной с раствором соляной кислоты 1 : 2. Так как соляная кислота растворяет железо, что обнаруживается по интенсивному выделению водорода

$$Fe + 2HCl = FeCl_2 + H_2,$$

то для уменьшения ее растворяющего действия в ванну добавляют кровяную сыворотку КС в качестве регулятора. Последняя представляет собой порошок красно-бурого цвета, приготовляемый из отходов боен.

Растворение окислов железа происходит без выделения водорода, по следующим реакциям:

$$FeO + 2HCl = FeCl_2 + H_2O,$$
$$Fe_2O_3 + 6HCl = 2FeCl_3 + 3H_2O,$$
$$Fe_3O_4 + 8HCl = FeCl_2 + 2FeCl_3 + 4H_2O.$$

Стволы выдерживают в травильной ванне различно: от 3—5 мин. до 20 мин.

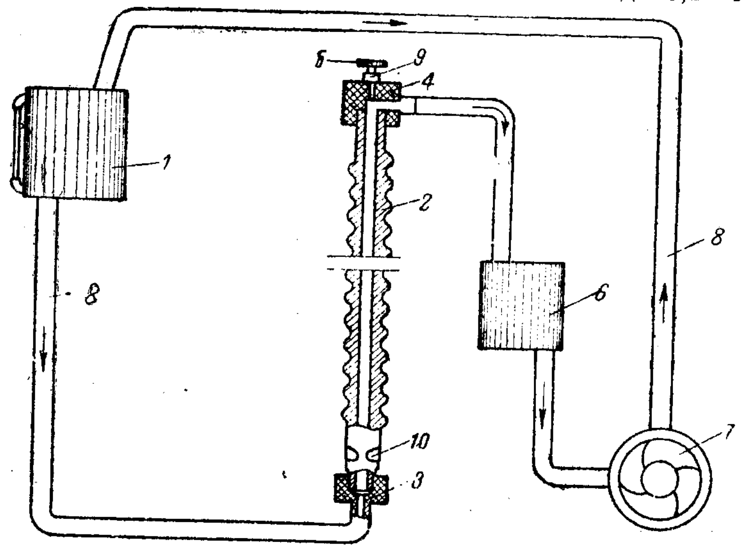
Перенося стволы из щелочной ванны в кислотную и наоборот, их промывают в ваннах с водой и в проточной воде. Вода может быть холодной и горячей, но лучше употреблять горячую, так как она лучше удаляет кислотные и щелочные остатки.

При травлении и обезжиривании качество поверхности канала значительно зависит от тщательности промывки. Промывка в горячей воде после обезжиривания лучше удаляет пленки оставшихся неомыленных масел и мыла. Следует иметь в виду, что соединения натрия (NaOH и сода) образуют твердые мыла, а соединения калия (KOH, поташ) — легко растворимые жидкие мыла; в холодной воде они могут затвердеть и остаться на поверхности изделия. Особо тщательная промывка необходима после травления, чтобы не загрязнять хромировочную ванну. В данном случае наиболее рациональной оказывается промывка струей воды.

§ 71. Электролитическое хромирование стволов

После предварительных операций стволы подвергают хромированию. В качестве анодов применяют стальную калиброванную проволоку $2{,}5^{\pm 1}$ *мм* для стволов 7,62-*мм* и 4 *мм* для стволов 14,5-*мм*. Чтобы увеличить электропроводность стального стержня, аноды покрывают медью электролитическим путем. Для исключения действия электролита на железо вначале электролиз производят в ваннах с раствором соли цианистой кислоты [$Cu(CN)_2$; этот электролит не действует на железо], чтобы получить тонкий слой (0,01—0,02 *мм*) меди на аноде, а затем, поскольку процесс

электролиза в данном электролите протекает крайне медленно, дальнейший слой меди откладывают в кислотных электролитах с раствором соли $CuSO_4$, так как действие серной кислоты на железо уже исключено, а отложение меди протекает при этом значительно интенсивнее. Толщина слоя меди различная, например, для анодов стволов 14,5-*мм* калибра отлагают слой меди 0,2—0,4 *мм*.



Фиг. 261. Первоначальная схема опытной установки стволов для хромирования.

1—напорный бак, *2*—ствол, *3*—нижняя пробка, *4*—верхняя пробка, *5*—анод, *6*—сборный бак, *7*—насос, *8*—трубопровод, *9*—*10* — электропровод.

При омеднении анода особое внимание обращают на равномерное отложение меди по длине стержня. Так как медь повышает электропроводность анода, то в тех местах, где слой меди будет толще, будет протекать большее количество электричества и толщина слоя хрома, отложенного на поверхности канала на этом участке анода, будет больше; в результате размеры канала ствола в сечениях на различных участках получатся неодинаковые.

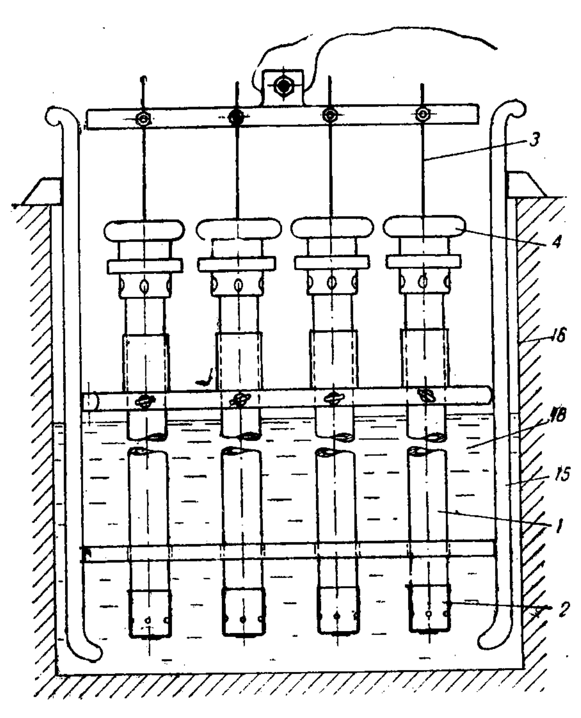
Ввиду того что электролит для хромирования содержит серную кислоту, для предохранения анодов от разъедания их дополнительно покрывают слоем свинца, так как одна медь не обеспечивает долговременности службы анода. Вместе с тем при проникновении серной кислоты к стальному стержню в электролите для хромирования весьма быстро накапливается железо, что нежелательно, так как эти примеси понижают качество хромирования. Свинец на аноде откладывают электролитическим путем, причем в качестве электролита употребляют раствор соли борфтористоводородной кислоты.

Толщина слоя свинца 0,3—0,5 *мм*.

При каждой новой заправке анода после хромирования его промывают в воде, выдерживают в горячей щелочи не менее

20 мин., затем снова промывают, протирают и зачищают наждачной бумагой для удаления образовавшегося на поверхности анода налета $PbCrO_4$.

Сборка стволов с анодами показана на фиг. 261 и 262. На дульную часть ствола *1*, обращенную вниз, надевают нижнюю пробку *2*; при этом анод *3*, вставленный в изолятор нижней пробки (фиг. 263), пропускают через канал ствола. На казенную часть ствола надевают верхнюю пробку (фиг. 264) так, чтобы анод прошел в отверстие винта. После этого анод зажимают винтом и затем натягивают, вращая гайку. Правильное натяжение анода должно обеспечивать его концентричность относительно поверхности канала на всей длине. При неправильном натяжении анода в канале ствола отлагается более толстый слой хрома на тех участках, где анод приближен к поверхности канала.



Фиг. 262. Схема сборки стволов в рамке.

Собранные с анодами стволы устанавливают в рамке и загружают в электролитные ванны после предварительного подогрева, чтобы не охлаждать электролит хромировочной ванны. Кроме того, следует иметь в виду, что электролитический хром, отложенный на холодной поверхности канала ствола, обладает недостаточной сцепляемостью и скалывается.

Подогревают стволы в ваннах, содержащих раствор хромовой кислоты (10—15%) при температуре 50—60° в течение 7—15 мин., или же непосредственно в хромировочных ваннах при выключенном токе. Ванна для подогрева имеет двойные стенки и двойное дно, в промежутки между которыми пропускают пар, что дает возможность поддерживать постоянно строго определенную температуру.

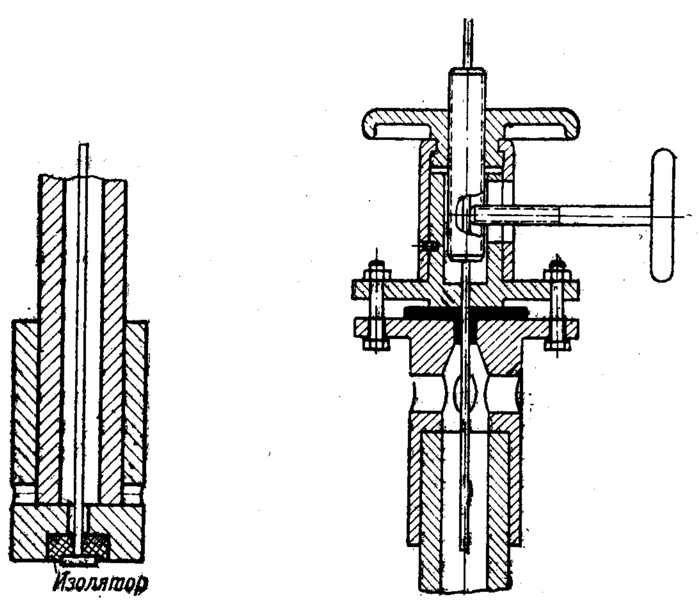
Наиболее распространенный состав электролита хромировочной ванны следующий:

Хромовый ангидрид CO_3	150 *г*
Серная кислота H_2SO_4	1,5 *г*
Вода H_2O	1 *л*

Катодная плотность тока около 30 *а/дм²*; температура электролита 50—55°.

При хромировании толстым слоем плотность тока увеличивают до 40—43 *а/дм²* и температуру ванны повышают до 58—63°.

В хромировочной ванне не должно быть других кислот, в особенности азотной, так как даже незначительное количество ее вызывает необходимость повышать плотность тока, а при содержании 1% азотной кислоты выделение хрома совершенно прекращается.



Фиг. 263. Схема нижней головки. Фиг. 264. Схема верхней головки.

При хромировании вначале для удаления с поверхности каналов стволов остатков окислов и мелких частиц посторонних тел дают ток обратного направления в течение 1—2 мин. плотностью 20—25 *а/дм²*; затем переключают на прямой ток и плотность его с 20—25 *а/дм²* доводят до 30 *а/дм²* в течение 3—5 мин.

Хромирование сопровождается бурным кипением электролита внутри канала ствола и отложением хрома на его поверхности. Все растворы солей, щелочей и кислот имеют свойство диссоциировать, т. е. распадаются на ионы:

$$CuSO_4 \rightleftarrows Cu^{++} + SO_4^{--} \text{ и т. д.}$$

При этом отрицательно заряженные ионы идут к аноду, а положительно заряженные — к катоду. При хромировании ствол является катодом, а ионы хрома несут положительный заряд и при соприкосновении со стволом отдают его, отлагаясь на поверхности канала.

Во время хромирования уровень электролита в ванне поддерживают на одной высоте, так как изменение высоты электролита приводит к неравномерному отложению хрома по длине ствола. Это, между прочим, дает возможность исправлять коничность канала ствола, полученную при механической обработке.

Скорость циркуляции электролита устанавливают примерно 12—18 *л/час.*

После хромирования стволы ополаскивают в воде, затем разбирают и промывают в проточной воде, а потом нейтрализуют остающуюся на поверхности ствола серную кислоту. Нейтрализацию производят в ваннах с 5—8%-ным раствором углекислой соды при температуре 40—60° в течение не менее 1 мин.

После этого получившийся осадок соли Na_2SO_4 легко смывается в холодной и горячей воде.

§ 72. Основные дефекты каналов стволов после хромирования

Наросты хрома. Причинами наростов являются неправильное положение анода в канале ствола, местная неровность анода при плохом его натяжении и недоброкачественность самих анодов, заключающаяся в неравномерном покрытии их слоем меди.

«Кольца» хрома. Этот дефект довольно распространен. Одной из причин его является использование недоброкачественных анодов. При применении анодов, на которых в отдельных местах под действием серной кислоты исчезла свинцовая рубашка, происходит разъедание меди; вследствие этого в таких местах на стволе откладывается меньше хрома, что обнаруживается в виде теневого «кольца». Другой причиной может являться наличие на аноде нерастворенного участка хрома, который откладывается на аноде при пропускании через электролит тока обратного направления. Если оголение анода или покрытие его хромом произойдет не по окружности, то соответственно на поверхности канала ствола будет получаться неполное «кольцо». Такой дефект в производстве называют «порезом хрома».

Вместе с тем образованию этих дефектов способствует также неравномерная температура ванны. Так как подвижность ионов зависит от температуры электролита, то в тех местах, где протекает меньше электричества, температура ниже; это приводит к меньшему отложению хрома на данном участке.

Неравномерное покрытие анода медью может вызывать также дефект, называемый в производстве непрохромировкой.

Серость поверхности канала ствола. Одной из причин серости поверхности канала ствола, так же как и другого более грубого дефекта — «волнистости», — является недостаточная механическая обработка до хромирования. Второй причиной данного явления является оттенок самого хрома, объясняемый оптическим эффектом, который дают кристаллы хрома.

Черные точки (полосы) на поверхности канала ствола. Природа этого дефекта еще не изучена; экспериментальные работы показали, что данный дефект не влияет на живучесть стволов. Появление черных точек обусловлено явлением поляризации во время электролиза. Чтобы избежать точек, следует периодически проверять концентрацию ионов SO_4— в электролите.

Выкрашивание и шелушение хрома. В тех местах, где поверхность канала ствола была недостаточно обезжирена, хром плохо осаждается и слабо сращивается с основным металлом. Поэтому после протирания или обработки поверхности канала ствола наждачным полотном хром в углах полей скалывается.

Шелушение хрома происходит в местах, с которых не была полностью удалена окалина, где сцепление хрома недостаточно прочно.

Несоответствие размеров канала ствола калибрам. Этот дефект зависит от неправильно установленной продолжительности хромирования стволов.

Перечисленные выше дефекты могут быть исправлены путем повторного хромирования стволов или, при неудовлетворении непроходным калибрам, путем дохромирования.

Расхромирование стволов для повторного хромирования производят электролитическим методом в 9—12%-ном растворе едкого натра или 10—12%-ном растворе соляной кислоты с добавкой КС при комнатной температуре с плотностью тока 20—25 *а/дм²*. При расхромировании ствол является анодом; в качестве же катода пользуются освинцованным стальным стержнем.

Процесс дохромирования отличается от процесса хромирования тем, что при этом применяют только одну подготовительную операцию — обезжиривание кашицей гашеной извести. Время прохождения тока обратного направления уменьшают до 15—20 сек., а прямого тока увеличивают до 10 мин.

§ 73. Изоляция патронника при хромировании

У стволов с патронником, не требующим хромирования, патронник изолируют, надевая на катод стеклянную трубку соответствующих размеров. Подобным же образом изолируют хромированные патронники при дохромировании только одной нарезной части канала ствола. Дохромирование патронника производят без изоляции нарезной части канала, но применяют анод, имеющий один конец, утолщенный по форме патронника.

Способ электролитического хромирования поверхности каналов стволов — весьма распространенный и укоренившийся в практике. Вместе с тем следует отметить другие известные способы повышения износоустойчивости поверхности канала ствола, которыми являются: 1) металлическая цементация алюминием, 2) насыщение поверхности канала ствола хромом путем диффундирования его, 3) азотирование каналов стволов при обработке их аммиаком и 4) цементация поверхности канала ствола бором.

§ 74. Химическая окраска наружной поверхности стволов

Химическая окраска наружной поверхности стволов имеет целью предохранить их от корродирования и придать им черный или близкий к нему декоративный и менее демаскирующий цвет.

Для окраски на наружной поверхности ствола образуют окисную пленку, воздействуя на металл специальным кислотным или щелочным раствором. В настоящее время наиболее широко распространенным является щелочной способ образования окисной пленки, получаемой в результате выварнвания стволов в кипящем водном щелочном растворе с неорганичскими окислителями. Рецепты трех щелочных оксидирующих составов приведены в табл. 29.

Таблица 29

Компонент	№ 1	№ 2	№ 3
	вес в *г*		
Каустическая сода	650—700	600	650
Натровая или калийная селитра	150—200	100—200	120
Дубильный экстракт (независимо от породы дерева)	6	—	—
Вода	1000	1000	1000
Перекись марганца	10	—	—
Бура (или дубильная кислота)	—	—	2
Нитрид натрия (или калия)	—	—	40

Оксидирование в щелочном растворе (№ 1) дает лучшие результаты при других равных условиях. Получаемая при данном способе окисная пленка, именуемая на заводах «черноксид», оказывается более стойкой к коррозионным воздействиям внешней среды вследствие меньшей пористости. Опыты же показывают, что корродирование деталей, покрытых оксидной пленкой, начинается в пористых местах и отсюда прогрессивно разрастается. При нагреве стволов до 300° и больше оксидная пленка начинает разрушаться.

Оксидировочный состав приготовляют следующим образом. В тщательно очищенный от грязи и хорошо промытый бак наливают воду, затем пускают в ход механическую мешалку и вводят порциями в 2—3 *кг*[1] каустическую соду, предварительно разбитую ломиком на мелкие куски (40—50 *мм* в поперечнике). Соду вводят в ванну в сетчатой корзинке, подвешивая ее, причем каждую последующую порцию загружают после растворения предыдущей.

После растворения каустической соды в змеевик бака пускают пар и доводят раствор до кипения (125—130°), а затем, при

[1] При загрузке навалом вследствие нагрева может произойти оплавление едкого натра и выплескивание раствора из ванны.

постоянном перемешивании, засыпают заранее приготовленную смесь остальных компонентов. Температуру ванны поддерживают до растворения всех реактивов, после чего состав оставляют в покое на 2—4 часа и затем производят его химический анализ.

Для оксидирования стволы собирают в специальные рамки и загружают в щелочную ванну при бурном кипении раствора (температура 135—145°).

Качество оксидных покрытий зависит от режима оксидирования, т. е. от температуры ванны, времени выдержки стволов в ванне и от предварительной подготовки стволов к оксидированию.

Температуру ванны и продолжительность оксидирования устанавливают в зависимости от сорта стали, ее состояния и принятого оксидировочного состава. Установлено, что малоуглеродистые, хромоникелевые и другие специальные стали, а также закаленные детали лучше красятся при температуре ванны 140° и выше (до 148°), а углеродистые стали, содержащие 0,9% С, лучше красятся при пониженных температурах.

Чем больше выдержка, тем выше качество оксидной пленки[1]. Она становится менее пористой, более плотной и толстой[2].

Нормально продолжительность оксидирования в производстве составляет 60—90 мин. Стремясь повысить производительность, продолжительность оксидирования в военное время уменьшили до 45 мин.

Температуру ванны измеряют обычным техническим термометром. При высокой температуре добавляют воды, а при низкой — крепкий оксидный состав или каустик.

Во время оксидирования стволы периодически промывают в воде для удаления различных налетов и осадков, препятствующих образованию равномерного покрытия. Таких промывок должно быть несколько и во всяком случае одна промывка является обязательной.

Подготовка стволов к оксидированию состоит, так же как и при хромировании, из обезжиривания и травления.

Стволы с хромированным каналом ствола можно не подвергать этим предварительным операциям при условии, что оксидирование производят непосредственно после хромирования[3]. Вместе с тем следует отметить особенно вредное действие кислот (HCl) травильной ванны на хромовое покрытие и нежелательность, вследствие этого данной операции.

На хромированной поверхности канала оксидная пленка не образуется. Каналы стволов с нехромированной поверхностью за-

[1] По данным опытов, проведенных инж.-капит. Кноровым в лаборатории металловедения Артакадемии на образцах углеродистой стали (0,1% С) при обработке поверхностей наждачной бумагой, наилучшее качество оксидной пленки получается при выдержки 3 часа. Дальнейшее увеличение времени оксидирования дает весьма незначительное улучшение качества пленки.

[2] Толщина оксидной пленки измеряется микронами.

[3] Что фактически имеет место, например, при оксидировании стволов ПТРД.

щищают или путем обмазывания поверхности специальным составом или надежной изоляцией канала от оксидного раствора[1].

После оксидирования стволы тщательно промывают до полного удаления следов оксидировочного состава под сильной струей воды и в мыльном щелочном растворе[2] и протирают тряпками (сухими, мокрыми, с керосином или спиртом) для удаления мягкого налета соединений железа. После этого контролируют качество оксидирования и подвергают стволы горячей смазке при температуре 100—120° с выдержкой до 10 мин. Горячая смазка хорошо удаляет остатки влаги, которая может остаться после предшествующей керосиновой промывки, особенно в углублениях.

Кислотный способ оксидирования состоит в покрытии наружной поверхности ствола специальным составом «ржавый лак». Составы ржавых лаков приведены в табл. 30.

Таблица 30

Компонент	№ 1	№ 2	№ 3
Азотная кислота уд. вес 1,3—1,4	150 *см*³	120 *см*³	49,5 *г*
Соляная кислота уд. вес 1,19—1,15	1000 *см*³	1000 *см*³	17,94 *г*
Железная окалина	200 *г*	300 *г*	—
Железная стружка	200 *г*	75—80 *г*	17 *г*
Хлористое железо	—	—	10,66 *г*
Сулема	—	—	1,26 *г*

Эти лаки приготовляют следующим образом. В керамиковую глазированную банку вливают соляную кислоту и порциями засыпают железную окалину, которая при перемешивании растворяется. Окалина растворяется неполностью вследствие прекращения реакции через некоторое время.

Затем для окисления раствора небольшими порциями вливают азотную кислоту без перемешивания. Железную стружку добавляют небольшими порциями, как только раствор начинает остывать. По окончании реакций раствор оставляют в покое на 6—12 час., после чего его взбалтывают, берут от него 100 *см*³, чтобы определить необходимое количество воды для разбавления до удельного веса 1,04.

В слитой вместе азотной и соляной кислоте растворяют железную стружку. По остывании раствора добавляют хлористое железо и сулему, растворенные предварительно в воде, после чего доливают раствор водой до 1 *л*. Крепость раствора должна составлять 7—9° по Боме.

[1] Нехромированные патронники можно не защищать. В этом случае оксидную пленку, если это необходимо, удаляют, зачищая поверхность патронника после оксидирования.

[2] Промывка в мыльной воде способствует быстрой сушке и предохраняет от ржавления благодаря образующейся при высыхании мыльной пленке.

Технологический процесс оксидирования ржавым лаком показан на схеме (табл. 31).

Таблица 31

1. Обезжиривание в ванне с поташной или содовой водой (7—10% или 11—16% K_2CO_3, 1 час кипения)

2. Промывка кипящей или холодной водой. Протирание ветошью

3. Смазка патронника конскталином или смесью тавота (65%) и графита (35%)

4. Смазка ржавым лаком, плотность раствора 1,07—1,08 (8—10° Боме). Просушивание (10—15 мин.) при 20—24°	8. Смазка ржавым лаком, плотность раствора 1,02 (2,5—3° Боме). Выдержка не менее 8 час. при 20—24°	14. Варка в воде в течение 30 мин. кипения с добавкой 0,1% технической азотной кислоты уд. в. 1,3—1,4
5. Варка в воде в течение 20—25 мин. кипения с добавкой 0,1% технической азотной кислоты уд. в. 1,3—1,4	9. То же, что в п. 5	15. То же, что в п. 6
6. Протирание паклей с гарным маслом и наждаком канала ствола	10. То же, что в п. 6	16. Чистка на кранцевальных кругах (проволока 0,7 *мм*) и зачистка дульной части гарным маслом и наждаком
7. Чистка на кранцевальных кругах (проволока 0,2 *мм*)	11. То же, что в п. 7	17. Варка в мыльной воде при 100°, концентрация раствора 1—2%
	12. Осмотр зачистки побоин. Снятие олова с прицельной колодки	18. Смазка ружейным салом
	13. Окраска ржавым лаком, плотность раствора 1,02. Выдержка от 8 до 16 час. при 20—24°	

Качество оксидной пленки кислотного оксидирования уступает качеству таковой при щелочном оксидировании. Сам процесс более громоздок и длителен. Кислотное оксидирование применяли для стволов винтовки обр. 1891/1930 гг., так как их нельзя было подвергать щелочному оксидированию вследствие того, что прицельные колодки припаивались оловом.

Основные дефекты оксидных покрытий при щелочном оксидировании следующие.

1. Красновато-бурый налет на оксидированной поверхности получается от плохой промывки после оксидирования вследствие выделения твердых составных частей оксидирующего раствора. Детали в этом случае подвергают переоксидировке и дополнительному оксидированию.

2. Зеленый или бурый цвет вследствие повышенной (большие нормы) температуры. Для удаления этого дефекта стволы травят или механически удаляют слой, а затем деталь оксидируют вновь.

3. Пятна на поверхностях образуются при загрязнении ванны.

§ 75. Контроль оксидных покрытий

Методы контроля оксидных покрытий до настоящего времени еще полностью не установлены и в большинстве случаев качество оксидирования определяют по внешнему виду. Осмотр производят под рефлектором электрической лампы в 25 свечей. Стволы должны быть равномерно окрашены в интенсивный черный цвет со слегка синеватым оттенком согласно эталонам. Слабая разница

в оттенках допускается на деталях с местной закалкой, в местах сварки и грубой обработки и в местах углублений и сложных конфигураций.

В качестве других методов можно отметить следующие виды испытаний.

1. Контроль химической прочности окраски путем растворения оксидной пленки в слабой серной кислоте (0,175%). Испытание проводят следующим образом: в стеклянный стакан со слабой H_2SO_4 опускают деталь на 0,5 мин., затем ее ополаскивают водой и рассматривают поверхность. Пленка оксида не должна растворяться и внешний вид детали не должен изменяться.

2. Контроль механической прочности окраски производят с помощью пескоструйного аппарата, представляющего собой стеклянную трубку длиной 0,5 *м*, диаметром 8 *мм*. В трубку вставляется воронка с отверстием диаметром 5 *мм*. Оксидированную деталь помещают под углом в 45° по отношению к трубке и в воронку насыпают наждачный песок № 48 в количестве 100 *г*. Оксидная пленка в результате этой операции не должна обнажиться.

3. Сплошность щелочного оксидирования деталей определяют погружением образцов в 0,5%-ный раствор медного купороса на 0,5 мин., после чего деталь ополаскивают водой и рассматривают ее поверхность. Появление медных точек указывает на негодность окраски по пористости.

Этим испытаниям подвергают небольшой процент деталей, взятых от партии.

ОГЛАВЛЕНИЕ

Стр.

ЧАСТЬ II

МЕХАНИЧЕСКАЯ ОБРАБОТКА СТВОЛОВ СТРЕЛКОВОГО ОРУЖИЯ

Стр.

Редактор *Румянцева М. С.* Техн. редактор *П. Г. Ислентьева*

Г805600. Подп. в печ. 7/VIII 1945 г. Печ. л. $14\frac{1}{4}$ + 2 вкл. Уч.-изд. л. 16,8.
Зн. в печ. л. 47850. Цена 16 р. Зак. 55|1027.

Типография Оборонгиза.